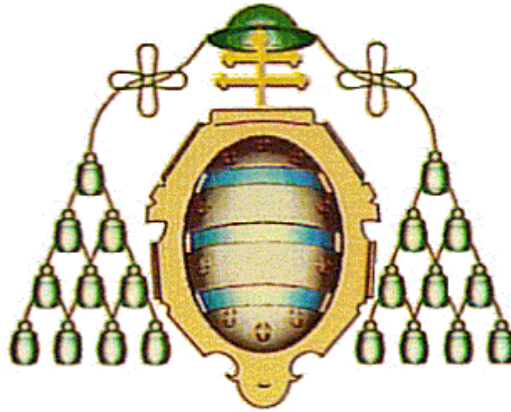


**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGÍA
Y BIOLOGÍA CELULAR**



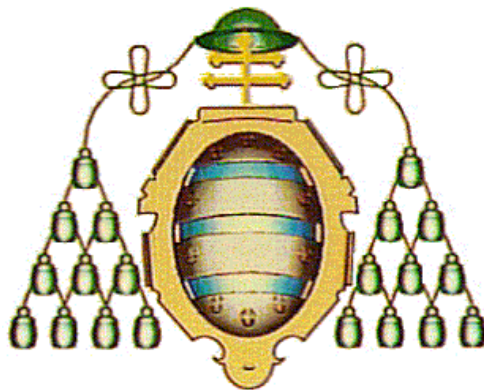
TESIS DOCTORAL

**EL DINAMÓMETRO ISOCINÉTICO COMO
MEDIO DE ESTUDIO DE LA FATIGA EN
JUGADORES DE RUGBY**

Róger Gutiérrez Sarmiento.

Oviedo, 2006

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGÍA
Y BIOLOGÍA CELULAR**



TESIS DOCTORAL

**EL DINAMÓMETRO ISOCINÉTICO COMO
MEDIO DE ESTUDIO DE LA FATIGA EN
JUGADORES DE RUGBY**

RÓGER GUTIÉRREZ SARMIENTO.

Directores: Dr. MIGUEL DEL VALLE SOTO.
Dra. BLANCA MÉNDEZ SUÁREZ.

OVIEDO, 2006

AGRADECIMIENTOS

A todos los jugadores del Oviedo Rugby Club por prestarse a realizar este estudio:

Abdon Rocés, Carlos Pumares, Daniel Asenjo, Ebbe Torp, Enrique García, Iván Martínez, José Luís Campillay, Juan Francisco García, Oliver Menéndez, Pablo Ramón Álvarez Norniella, Sergio Peña, Tomás Medina, David Méndez, Ignacio Álvarez, José Antonio Marques, Miguel Menéndez, Pablo Enríquez.

A Xabier Guerediaga, entrenador, preparador físico y miembro del equipo por mostrarme la dinámica de entrenamiento de un equipo de rugby y por ayudarme a organizar a lo largo de la temporada las evaluaciones a realizar de la forma más adecuada.

A las Dras. Ostaiska e Izascum por ser incansables, incombustibles, perseverantes, risueñas y sobre todo amigas.

A los Drs. Juan José y Javier, gracias a los cuales la obtención de los datos de este estudio no podría haberse llevado a cabo. Gracias amigos.

A la Escuela de Medicina Deportiva de la Universidad de Oviedo y a todo su personal por cederme sus instalaciones, material y servicios incluso en horas en las que la luz del sol se cambiaba por la de la luna.

A la Dra. Blanca Méndez, agradeceré sería poco pero lo que verdaderamente considero que me has ayudado y apoyado. Muchas gracias por guiarme, entenderme, animarme,.....

Al Dr. Miguel del Valle, por gobernar este barco y finalmente lograr, después de más lucha de la deseada y esperada, que arribase en buen puerto.

A Elena:

..... por esperar sin
desesperar, por animar sin
descansar,..... Porque te
quiero.

A mis padres:

Es un verdadero
placer y una satisfacción
sentirme tan orgulloso
como me siento de ser
vuestro hijo.

"Realmente la vida
es generosa con quien vive
su Leyenda Personal".

El alquimista.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL RUGBY	3
1.1.1 HISTORIA	3
1.1.2 REGLAMENTO	6
1.1.3 ASPECTOS TÉCNICOS Y TÁCTICOS	16
1.1.4 PLANIFICACIÓN DE LA TEMPORADA	24
1.2 ANATOMIA DE LA EXTREMIDAD INFERIOR .	30
1.2.1 INTRODUCCIÓN	30
1.2.2 ARTICULACIONES DE LA RODILLA	31
1.2.3 BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	34
1.2.4 APARATO MOTOR DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	35
1.3 CONSUMO DE OXÍGENO (VO₂)	38
1.3.1 DEFINICIÓN	38
1.3.2 EFECTO DEL ENTRENAMIENTO SOBRE EL CONSUMO DE OXÍGENO	40
1.3.3 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE OXÍGENO.....	43
1.4 FATIGA	51
1.4.1 CONCEPTO DE FATIGA	51
1.4.2 TIPOS DE FATIGA MUSCULAR	51
1.4.3 CAUSAS GENERALES DE LA APARICIÓN DE LA FATIGA	56
1.4.4 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA FATIGA	57
2. OBJETIVOS	61

3. MATERIAL Y MÉTODOS	65
3.1 POBLACIÓN	67
3.2 MATERIAL	67
3.2.1 MATERIAL CINEANTROPOMÉTRICO	67
3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL REGISTRADOR DE FRECUENCIA CARDIACA	71
3.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ANALIZADOR DE GASES	72
3.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL DINAMÓMETRO ISOCINÉTICO	75
3.2.5 CARACTERÍSTICAS DEL TAPIZ RODANTE Y ENTORNO	82
3.3 PROTOCOLO	83
3.3.1 ESTUDIO CINEANTROPOMÉTRICO	84
3.3.2 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS VENTILATORIOS Y DE LA FRECUENCIA CARDIACA	87
3.3.3 EVALUACIÓN DINAMOMÉTRICA (ISOCINÉTICA)	87
3.3.4 PRUEBA DE ESFUERZO	92
3.4 RECOGIDA DE DATOS	93
3.5 MÉTODO ESTADÍSTICO	94
4. RESULTADOS	97
4.1 CARACTERÍSTICAS CINEANTROPOMÉTRICAS.	99
4.1.1 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES	99
4.1.2 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN	104

4.2 ÍNDICE DE FATIGA Y TRABAJO MUSCULAR ..	110
4.2.1 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES	110
4.2.2 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN	111
4.2.3 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE AMBAS RODILLAS	113
4.2.4 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE ISQUIOTIBIAL Y CUADRICEPS	115
4.3 FRECUENCIA CARDIACA	117
4.3.1 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES	117
4.3.2 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN	118
4.3.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE AMBAS RODILLAS ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN .	120
4.4 CONSUMO DE OXÍGENO	121
4.4.1 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES	121
4.4.2 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN	122
4.4.3 ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE AMBAS RODILLAS	123
4.5 PRUEBA DE ESFUERZO	124
5. DISCUSIÓN	127
5.1 DIFERENCIAS ENTRE POBLACIONES	132
5.1.1 CINEANTROPOMETRÍA	132
5.1.2 FRECUENCIA CARDIACA Y CONSUMO DE OXÍGENO	134
5.1.3 TRABAJO MUSCULAR	136
5.1.4 ÍNDICE DE FATIGA	137

5.2 DIFERENCIAS A LO LARGO DE LA TEMPORADA.	139
5.2.1 CINEANTROPOMETRÍA	139
5.2.2 FRECUENCIA CARDIACA Y CONSUMO DE OXÍGENO	139
5.2.3 TRABAJO MUSCULAR E ÍNDICE DE FATIGA.	141
5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÚSCULO CUADRICEPS Y LOS MÚSCULOS ISQUIOTIBIALES	144
5.3.1 TRABAJO MUSCULAR	144
5.3.2 ÍNDICE DE FATIGA	146
5.4 DIFERENCIAS ENTRE EL TEST DE ESFUERZO Y EL TEST ISOCINÉTICO	147
6. <u>CONCLUSIONES</u>	155
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	159

1. INTRODUCCIÓN



1.1. EL RUGBY

1.1.1. HISTORIA DEL RUGBY

El juego del rugby no tiene unos orígenes bien definidos. Sin olvidar los juegos de pelota, que se manifiestan desde el momento en que el ser humano puede materializar su inclinación a la acción y a la diversión, consideramos como precursores del rugby a los romanos, que practicaban el harpastum en un terreno rectangular bien delimitado. El juego consistía en llevar la pelota más allá de la línea de fondo del campo adversario mediante pases y fintas. A los oponentes se les reconocía el derecho de tirar al suelo o agarrar al portador del balón con el fin de conseguir su posesión.

Más adelante, hacia el año 1000, se juega en Francia a la soule. Esta podría ser corta, contando con un campo delimitado y hasta cien jugadores intentando llevar la pelota (una vesícula de cerdo inflada de grandes dimensiones) al campo contrario. La soule larga consistía en llevar la pelota de un pueblo a otro. En ambos casos prácticamente no existían reglas de juego.

Ya en el siglo XV el harpastum renacería en las grandes ciudades italianas bajo la forma del calcio, juego más organizado y estructurado que su antecesor.

Según Ayerra (1989), en 1823 Webb Ellis, alumno de la escuela de la ciudad inglesa de Rugby, durante un partido de un juego parecido al fútbol, cogió el balón con la mano y saltándose todas las reglas establecidas corrió con él, convirtiéndose en el precursor del rugby actual.

Fue la escuela de la citada ciudad inglesa de Rugby, gracias a la consideración de sus directores (entre ellos Thomas Arnold) con el deporte, la que canalizó los diferentes enfoques del rugby hacia una manera común de entender el juego. Prueba de ello es el reglamento elaborado por los alumnos de esta escuela, reunidos en Asamblea General el 7 de septiembre de 1846. Fueron las primeras reglas

escritas del rugby adoptadas por diferentes colegios y universidades. Hasta que en 1860 se constituyó la Football Association y se promulgaron las reglas definitivas (Renström y Cols., 1999)

1.1.1.1. ALGUNAS FECHAS IMPORTANTES POR EL VALOR DE LAS DECISIONES QUE SE TOMARON

- Año 1877. Los equipos internacionales reducen el número de jugadores a 15.
- En 1882 se designan árbitros neutrales para los partidos internacionales.
- Año 1890. Se crea la International Rugby Football Board integrada por Inglaterra, Irlanda, Escocia y Gales, con el propósito de asegurar un código de leyes que sirviera para los encuentros internacionales, juzgar todas las disputas que surgieran en estos enfrentamientos y mejorar, alterar, abolir o añadir nuevas reglas al código internacional.
- En 1893, se crea la Northern Union que con el tiempo se convertirá en la Liga profesional a 13 (número de jugadores por equipo). Ese mismo año se da más autoridad al árbitro y se incluye en el reglamento la ley de la ventaja.
- En 1900 el rugby participa por primera vez en las Olimpiadas.
- En 1920 el rugby es deporte olímpico por segunda vez.
- En 1924, para seguir defendiendo el antiguo ideario olímpico, participa en las Olimpiadas por tercera y última vez.
- En 1939 se juega el primer Torneo de Rugby a VII.
- En 1987 se celebra conjuntamente en Nueva Zelanda y Australia la Primera Copa del Mundo.
- En 1992/93 tiene lugar la mayor revisión de las reglas desde que se publicó el reglamento de juego moderno.
- En 1993 se disputo en Escocia el primer Campeonato del mundo de Rugby a VII.

1.1.1.2. EL RUGBY EN ESPAÑA

En España se inicia el rugby en Cataluña a principios de siglo, para extenderse con rapidez por todo el territorio. La Federación Española de Rugby (F.E.R.) se fundó en 1923, siendo su primer presidente Baldiri Aleu. El primer campeonato de España senior se

celebro en 1925. En 1927 se presenta por primera vez la Selección Española de Rugby. En 1952 comienza el Campeonato de Liga. En 1954 empieza la Copa de Europa de Naciones, integrada por España, Alemania, Bélgica, Italia y Portugal.

En la competición nacional, a nivel de clubes, existen dos grandes pruebas, la Liga Nacional de Clubes y la Copa de S.M. el Rey. En la liga, la máxima categoría se denomina División de Honor "A", donde participan entre 10 y 12 equipos, dependiendo de la temporada. Por debajo está la División de Honor "B", bloque que se inició en la temporada 98/99, y que está compuesto por 10 equipos. Inmediatamente por debajo está la Primera División Nacional, compuesta por 4 grupos de 8 equipos cada uno.

La Copa de S. M. El Rey se disputa entre 8 equipos, todos ellos pertenecientes a la División de Honor. La competición se hace de forma eliminatoria en partidos de ida y vuelta, excepto las semifinales y la final que es a partido único.

Todos los años se celebra un campeonato entre selecciones de las diferentes comunidades autónomas. En este torneo destacan las selecciones vascas, catalana y castellano - leonesa.

Existe la selección femenina que en 1995 se proclamó campeona de Europa. La selección júnior (sub. 19), se encuentra en el primer grupo mundial, celebrándose todos los años un mundial de esta categoría.

El rugby en Oviedo:

Hasta comienzos de los años 80, en Oviedo, el rugby fue un deporte universitario exclusivamente. Los equipos más importantes eran el Club Atlético Universitario y el Económicas Rugby Club.

En la temporada 84/85 ambos clubes se fusionaron creando un equipo denominado Club de Rugby Oviedo. Esta unión aumentó el nivel del rugby en la ciudad, logrando el ascenso en esa misma temporada a la Primera División Nacional. Un año después se cambió de nombre pasando a llamarse Oviedo Rugby Club; nombre que persiste hasta la actualidad.

En esta categoría se mantuvo, hasta que en el año 89/90 ascendió a División de Honor, cosa que ocurría por primera vez en Oviedo. En el momento actual se encuentra en la División de Honor "B".

1.1.2.1. ELEMENTOS DEL JUEGO

El campo de rugby (Figuras 1 y 2) es rectangular con unas dimensiones de 95-100 m de largo por 65-69 m de ancho. A su vez, este terreno está delimitado de la siguiente manera:



Figura 1: Campo de rugby.

- Línea de 50 o línea de centro que divide el campo en dos mitades iguales.
- Línea de 10 metros: Situada a 10 metros de la línea de centro. En este espacio, no puede haber ningún jugador en los saques de centro.
- Línea de 22 m.: Situada a 22 metros de la línea de ensayo. Los equipos que se encuentran entre la línea de 22 y la línea de ensayo, pueden patear el balón directamente a touche, formando el alineamiento por donde salga el balón. En cualquier otra zona del campo, el alineamiento, se producirá en el punto del lateral del campo donde se ha pateado el balón.
- Línea de ensayo o de marca: En esta zona se consiguen los ensayos.
- Línea o pasillo de 5 metros: En el lanzamiento de una touche, únicamente un jugador puede estar dentro de esta zona.
- Línea o pasillo entre 5 y 15 m. de la línea lateral: Dentro de este espacio se deben de situar los jugadores que van a disputar la touche.



Figura 2: Campo de rugby del Oviedo RC.

1.1.2.1.2. LA PORTERÍA

En los lados estrechos del campo están situadas las zonas de marca. En el centro de la línea de marca están situadas las porterías (Figura 3), que están formadas por dos barras verticales de un mínimo de 8 m de altura y separadas entre sí por una barra horizontal de 5,6 m de largo situada a 3 m de altura. En las barras verticales se colocan unos protectores acolchados, de una altura mínima de 2 m, que sirven para que en las jugadas próximas a la zona de marca, no haya lesiones por golpes contra la portería.

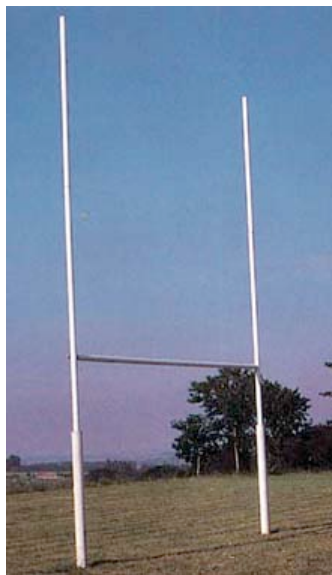


Figura 3: Portería.

1.1.2.1.3. LA PELOTA

La pelota es ovalada y mide de 28 a 30 cm. de largo y 58 a 62 cm. de circunferencia, pesa entre 400 y 440 gr., con una presión interna que oscila entre 0.66 y 0.7 Kp/cm² al nivel del mar (Figura 4). Puede golpearse, lanzarse o pasar de un jugador a otro en cualquier dirección, excepto hacia delante (Usero, 1993; NIDE, 1979).



Figura 4: Pelota.

1.1.2.1.4. EL EQUIPO

Un equipo de rugby está formado por quince jugadores; ocho fuertes y activos, dos ligeros y organizadores del juego, cuatro de buena envergadura y rápidos y un zaguero que es modelo de sangre fría y conducta flemática. Esta es una proporción ideal entre hombres (Figura 5). Las características más importantes de este deporte son: carácter colectivo, deporte de balón y deporte de contacto (Usero, 1993).



Figura 5: Oviedo RC.

Como ya hemos mencionado, el equipo de rugby esta formado por 15 jugadores. A lo largo del partido se pueden realizar hasta 6 cambios. Cada jugador tiene una morfología relacionada con sus requerimientos técnicos y tácticos (Khun, 1993; Nicholas, 1995). El grupo se divide en dos bloques claramente definidos, los delanteros y los tres cuartos, compuestos por 8 y 7 jugadores respectivamente (Tabla 1).

DELANTEROS		TRES CUARTOS
• Primera línea:	Dos pilierres: nº 1 y 3	Un medio de apertura: nº 10
	Un talonador: nº 2	Dos centros: nº 12 y 13
• Segunda línea:	Dos segundas líneas: nº 4 y 5	Dos alas: nº 11 y 14
	Un medio melé: nº 9	Un zaguero: nº 5
• Tercera línea:	Un tercera centro: nº 8	
	Dos terceras alas: nº 6 y 7	

Tabla 1: Posiciones de los jugadores rugby.

Los delanteros son considerados clásicamente como los ganadores del balón (Rigg y Col., 1988). Entre todas sus funciones destacan la disputa del balón en la melé, la touche o los saques de centro. Dentro de los delanteros, nos encontramos que cada uno tiene su tarea en cada fase del juego.

- En la primera línea, se encuentran los pilierres, involucrados en ganar la posesión del balón, con un contacto muy íntimo entre ellos y los contrincantes. No suelen correr con el balón en las manos (Docherty y Cols., 1988). Su importancia radica, entre otras cosas, en las fases estáticas como la melé o la touche donde son la piedra angular de la estática de ambas formaciones (Bell, 1993). Tienen mucha fuerza en las

extremidades inferiores para el apoyo en la melé (Hazeldine y Col., 1991). Son muy importantes sus empujes en las maules. Junto a estos está el talonador. En la melé, su función es la de ganar el balón golpeándolo con el talón del pie cuando es introducido por el medio melé. Sus características más importantes son la flexibilidad, la agilidad y la velocidad de reacción (Bell, 1980).

- La segunda línea esta formada por jugadores de altura, ya que ésto les proporciona ventaja en los saltos de la touche. Necesitan gran agilidad en el salto (Hazeldine y Col., 1991). Su fuerza y envergadura son fundamentales en la melé y en el juego abierto (Nicholas, 1997).
- La tercera línea se caracteriza por la gran habilidad y movilidad en el juego abierto (Bell, 1980). Deben tener buena calidad en los placajes, buen manejo de la delantera en los agrupamientos y una buena aceleración y velocidad. Es muy importante su agilidad y su fuerza en el juego abierto (Bell, 1993).

Los tres cuartos son considerados como los manejadores del balón (Rigg, 1988). Sus características generales difieren mucho de las de la delantera. No intervienen ni en la melé ni en la touche. Solo lo hacen cuando acaban éstas, comenzando así el juego abierto. Al igual que ocurre con la delantera, los tres cuartos tienen diferentes funciones según el puesto específico que ocupen.

- El medio melé es el que controla y dirige la delantera; está con ella en la melé y en la touche. Debe tener gran capacidad de resistencia y ser rápido (Hazeldine y Col., 1991).
- El apertura y los centros tienen un papel ofensivo y defensivo a la vez (Docherty y Cols., 1998). Las explosiones de fuerza y velocidad son características muy importantes para el buen desarrollo de su juego (Hazeldine y Col., 1991).
- Los alas y el zaguero al igual que los aperturas y centros también comparten tareas defensivas y ofensivas, para ello deben de tener una buena combinación de fuerza y velocidad (Hazeldine y Col., 1991).

1.1.2.2. LOS PARTIDOS Y REGLAS BÁSICAS

El encuentro, controlado por un árbitro ayudado por dos jueces de línea, está dividido en 2 tiempos de 40 minutos con un descanso de 5 minutos en el intermedio. El partido comienza con una patada al balón parado desde el centro del campo; el segundo tiempo se reanuda de la misma manera. Después de la consecución de un tanto, se reanuda con una patada de drop, también desde el centro del campo. A continuación cada equipo intenta ganar la posesión de la pelota y, por medio de maniobras y pases (además de por patadas al balón para ganar terreno y la posición), anotar ensayos. Todo jugador en juego puede:

- Atrapar, recoger el balón y correr llevándolo.
- Pasar, arrojar y golpear el balón hacia otro jugador, aunque siempre hacia atrás cuando lo hace con las manos.
- Patear el balón.
- Placar o cargar con los hombros a un adversario portador del balón (nunca realizarlo a la altura del cuello ni zancadillear).
- Caer sobre el balón, pero no intentar jugarlo desde el suelo.
- Tomar parte en una melé ordenada o espontánea que consiste en ganar la posesión del balón conquistando la posición territorial al equipo contrario mediante el empuje (normalmente esta formada por ocho jugadores por equipo), un maul (agrupamiento con el balón en las manos de los jugadores) o un saque lateral, siempre que lo haga conforme a las reglas.

1.1.2.2.1. SECUENCIAS DEL JUEGO

- Saque de centro. Todo partido comenzará con un puntapié de bote pronto desde el centro de la línea de centro del campo. Los jugadores del equipo que saca deberán colocarse detrás del balón

y no deben cruzar la línea central hasta que el balón haya sido pateado. Los jugadores del equipo contrario deberán colocarse detrás de la línea de 10. El saque deberá sobrepasar siempre dicha línea, ya que en el caso contrario el equipo que recibe podrá decidir entre una melé en el centro del campo, hacer repetir el saque o bien aceptar el saque jugando el balón.

- Touche o servicio lateral (Figuras 6, 7 y 8), cuando el balón haya sido pateado fuera del campo o bien el portador del balón se haya salido del mismo o lo hayan sacado, se producirá un saque desde el lateral del campo. Estará formado por un mínimo de dos jugadores de cada equipo, siendo el equipo que pone el balón en juego el encargado de decidir el número, de forma que el equipo contrario está obligado a poner los mismos o menos. Se formará en el lugar por donde salió el balón del campo o donde el portador fue sacado, salvo en el caso de que la patada al balón se produzca una vez pasada la línea de 22 m. y no bote antes. En este caso se producirá a la altura del lugar desde donde se pateó.

La organización de la touche obliga a que los jugadores de cada equipo se coloquen de forma alineada entre las líneas de 5 y 15 m., existiendo una separación de un metro entre ambos equipos. Todos los jugadores que forman parte del alineamiento podrán saltar o bien levantar a un saltador con la finalidad de conquistar la posesión. El equipo que ejecuta el lanzamiento cuenta con la ventaja de que sabe sobre qué jugador va a lanzar el balón, pudiendo organizarse más rápidamente para levantarlo y ganar la posesión.

El lanzamiento del balón, se hará desde el punto desde donde haya salido y debe realizarse en la línea de puesta en juego entre los dos alineamientos. En el caso de que el lanzamiento sea parcial, el equipo contrario podrá decidir entre una melé o un saque de lateral a su favor.

El saque de lateral ha sido una de las reglas del juego que más ha evolucionado, destacando el cambio más significativo que se produjo en la última década, la posibilidad de levantar al saltador, lo que ha ocasionado que las conquistas sean más limpias y el equipo que lanza la pelota tenga unas mayores posibilidades de obtener la posesión. Este hecho ocasionó profundos cambios

tácticos que condujeron a modificaciones en la preparación física de los equipos, y en los perfiles antropométricos de los jugadores a causa de sus necesidades específicas (Maso y Col., 1998).



Figuras 6, 7 y 8: Touche.

- Melé (Figuras 9, 10 y 11): Se forma si un jugador da un pase adelantado (avant), un balón queda bloqueado y es imposible que salga de un agrupamiento, saques de lateral parciales, golpes de castigo francos o saques ejecutados incorrectamente. El propósito de una melé será reiniciar el juego de una forma rápida, segura e imparcial, después de una infracción menor o una detención (IRB, 2001).

Una melé se formará en el campo de juego cuando ocho jugadores, normalmente los delanteros, de cada equipo, agarrados en tres líneas, se juntan con sus oponentes de modo que las cabezas de las primeras líneas queden intercaladas. Así se

forma un túnel donde el medio melé introduce el balón para que los jugadores de las primeras líneas puedan disputar la posesión talonando el balón con cualquier pie.



Figuras 9, 10 y 11: Melé.

Según McLean (1992), a lo largo de un partido nos encontramos con que se produce una touche, una melé o un maul cada 33 segundos. Más concretamente, a lo largo del partido se realizan unas treinta touches (Usero, 1993). Esto nos viene a decir que, de los 80 minutos de duración de un partido, solo 29 son de juego real (situaciones en las que el balón esta en movimiento).

- Golpe de castigo y franco: Si un jugador comete una infracción contra el reglamento será sancionado con un golpe de castigo, en el que el equipo contrario puede lanzar la pelota a palos para conseguir puntos, o con un golpe franco que consiste en poner la pelota en juego por parte del equipo contrario sin poder intentar

transformar, ni ganar metros pateando a touche directamente si está fuera de la línea de 22.

1.1.2.2.2. LA PUNTUACIÓN

- Ensayo: Se consigue llevando la pelota al suelo en la zona de ensayo del equipo contrario (5 puntos).
- Transformación o gol después de ensayo: Se consigue dando una patada al balón después de colocarlo en el suelo y logrando pasarlo por encima del larguero y entre los postes (2 puntos).
- Transformación de golpe de castigo: puntapié concedido por el árbitro al equipo no infractor, su ejecución es a balón parado (3 puntos).
- Transformación de drop: cuando se da una patada a bote pronto, en medio del juego (3 puntos).

1.1.3. ASPECTOS TÉCNICOS Y TÁCTICOS

1.1.3.1. ASPECTOS TÉCNICOS

El rugby, se fundamenta en una serie de gestos técnicos muy característicos dadas las peculiaridades del reglamento y la peculiar forma de la pelota.

1.1.3.1.1. DESPLAZAMIENTOS

Los desplazamientos con pelota (Figura 12) se basan en la carrera; deben de ser muy rápidos y con disposición a variar de trayectoria. La pelota se lleva debajo del brazo, y hay que estar preparado para realizar un pase hacia atrás o un chut hacia delante. A veces los jugadores han de empujar a los defensas con el brazo libre para evitarlos.



Figura 12: Desplazamientos.

Los desplazamientos sin pelota varían si el equipo está en posesión (ataque) o no (defensa) de la pelota. En ataque, el jugador que se desplaza sin pelota debe estar acompañando la jugada y preparado para recibir la pelota y seguir corriendo. En defensa, el jugador debe de estar preparado para placar al contrario que lleva la pelota.

1.1.3.1.2. EL PASE

Una de las características del pase, es que debe de ser muy preciso. De esta manera, nos encontraremos en una situación óptima para continuar con la jugada.

Podemos encontrarnos tres tipos de pases:

- Pase lateral con dos manos: Se coge la pelota con ambas manos y se lanza impulsando los brazos al mismo tiempo, se acompaña el

movimiento con una rotación de tronco, procurando que el extremo de la pelota apunte hacia el compañero que recibirá el pase (Figura 13).



Figura 13: Pase lateral con dos manos.

- Pase de mano a mano: Es el pase más común y más seguro cuando hay aglomeración de jugadores. Se trata de esconder la pelota con el cuerpo para que los contrarios no sepan hacia dónde dirigirá el atacante su pase (Figura 14).



Figura 14: Pase de mano a mano.

- Pase con el pie: El pase con el pie es el único que se puede hacer hacia delante y sirve para que el equipo adelante terreno mientras la pelota esta en el aire (Figura 15).



Figura 15: Pase con el pie.

1.1.3.1.3. LA RECEPCIÓN

La recepción, es una parte muy importante dentro del rugby. Mediante este gesto técnico, podemos conseguir que una jugada sea rápida y fluida o lenta y torpe. La recepción será diferente según se trate de un pase con las dos manos, en el que la pelota viene de delante y normalmente en línea horizontal, o con los pies, en el que la pelota viene de arriba y por detrás. En ambos casos no debe perderse de vista la pelota para evitar que caiga al suelo.

1.1.3.1.4. LOS LANZAMIENTOS

El objetivo de un lanzamiento (Figuras 16 y 17) es alejar la pelota de una zona próxima a la línea propia de marca y ganar metros para acercarse a la línea de marca del equipo contrario, o hacer pasar la pelota entre los dos palos (lanzamiento transformado).

- Chut de volea: Se utiliza para hacer un pase o para lanzar una falta. La pelota se golpea antes de que llegue al suelo.

- Chut a bote pronto: Se utiliza para intentar la transformación tras un ensayo, un servicio de centro, en golpe de castigo o durante el juego.
- Chut colocado: Se realiza con la pelota parada, colocada en un pequeño agujero o sobre un tic (objeto de plástico destinado a mantener la pelota en posición vertical). Se emplea para intentar transformar un ensayo y para lanzar los golpes de castigo.



Figuras 16 y 17: Lanzamientos.

1.1.3.1.5. OTROS GESTOS TÉCNICOS

- Las fintas son movimientos de engaño, consistentes en cambios de dirección inesperados.

- El placaje: Jugada de tipo defensivo (Figuras 18 y 19). Todo jugador que lleve la pelota puede ser agarrado, tanto por el cuerpo como por las piernas.



Figuras 18 y 19: Placajes.

- El Maul: Agrupamiento con el balón en las manos de los jugadores (Figura 20).



Figura 20: Maul.

- El ruck o melé abierta que se caracteriza porque el balón está en todo momento en el suelo (Figura 21).



Figura 21: Acción posterior al ruck.

1.1.3.2. ASPECTOS TÁCTICOS

Fases del juego:

- a. Fases de lanzamiento del juego: Saques de centro, de 22 metros, golpes de castigo y francos.
- b. Fases de conquista: Melé y touche.

Ambas fases tienen las siguientes características intrínsecas:

- Son ordenadas por el árbitro.
- Los jugadores y el balón comienzan la acción desde una posición estática.
- Los jugadores ocupan posiciones ya definidas antes del partido.
- A continuación, una vez disputado el balón, el equipo que lo gana asumirá el rol de atacante y el otro de defensa.

Resumen de los aspectos tácticos desarrollados en un encuentro de rugby (Tabla 2):

PAPEL DEL JUGADOR	OBJETIVO	MEDIOS
<u>ATACANTE</u>	Ensayar	Evitando al contrario
	Avanzar	Enfrentándose directamente con el contrario
	Conservar el balón	Apoyándose y liberando el balón
<u>DEFENSOR</u>	Recuperar el balón	Organizarse para eliminar espacios y tiempo al contrario, avanzando hacia él.
	Detener el ataque	
	Limitar las opciones del atacante	Presión

Tabla 2: Aspectos tácticos a tener en cuenta en el rugby.

1.1.4. PLANIFICACIÓN DE LA TEMPORADA

La planificación de una temporada, implica determinar los objetivos y establecer los requisitos para llegar a conseguirlos de la forma más eficaz posible. Teniendo en cuenta esto, los objetivos generales de la temporada del equipo con el que hemos desarrollado nuestro trabajo (Oviedo Rugby Club) fueron:

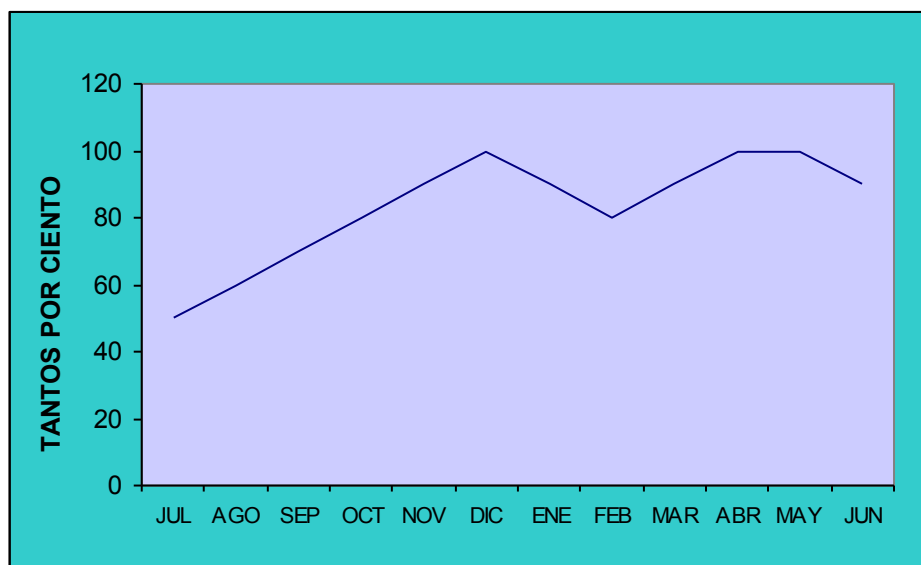
- Ascender de categoría.
- Afianzarse en las posiciones altas de la tabla durante toda la temporada.

En función de los objetivos, la planificación del Oviedo Rugby Club, para la temporada 02-03, fue la siguiente.

El macrociclo de tipo anual, dividido en tres periodos muy concretos (Matveev, 1980; Rivera, 1988):

- A. Periodo de preparación: Donde se produce la adquisición de la forma deportiva desarrollando todas las cualidades físicas.
- B. Periodo competitivo (o de competiciones fundamentales). Puesta en forma deportiva. Dentro de este periodo diferenciamos:
 - B.1 Subperíodo competitivo I.
 - B.2 Subperíodo intermedio.
 - B.3 Subperíodo competitivo II.
- C. Periodo de transición: Coincide con la pérdida temporal de la forma deportiva.

Dentro del macrociclo desarrollamos la temporalización del estado físico a lo largo de todo el año (Gráfica 1).



Gráfica 1: Estado físico en cada uno de los meses de la temporada.

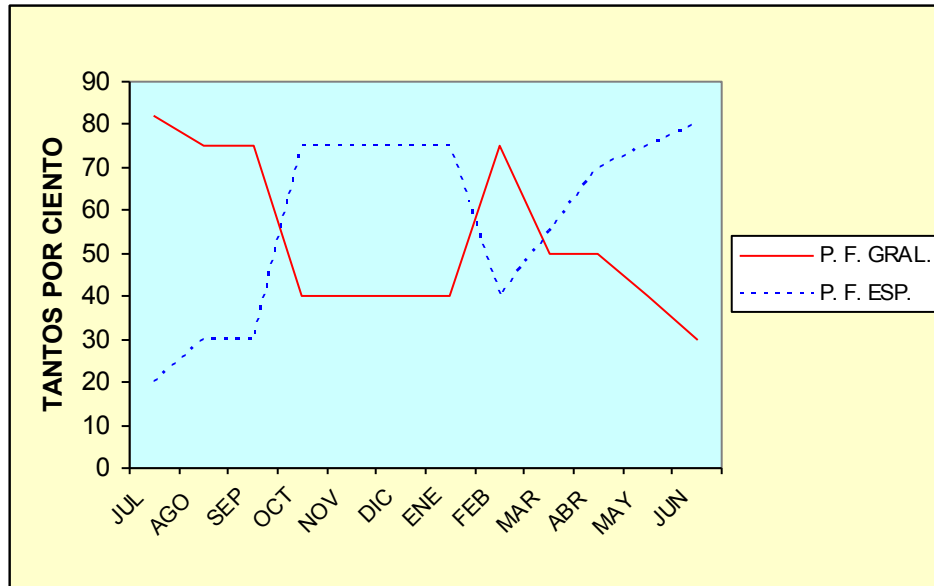
A partir de esta distribución, organizamos cada mes dentro del periodo de entrenamiento correspondiente (Tabla 3).

MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
PERIODO	P.		C. I			I	C. II				T	

P. = PERIODO DE PREPARACIÓN
 C. I = PERIODO DE COMPETICIÓN I
 I. = PERIODO INTERMEDIO
 C. II = PERIODO DE COMPETICIÓN II
 T. = PERIODO DE TRANSICIÓN

Tabla 3: Distribución de los meses de entrenamiento dentro de los periodos del macrociclo.

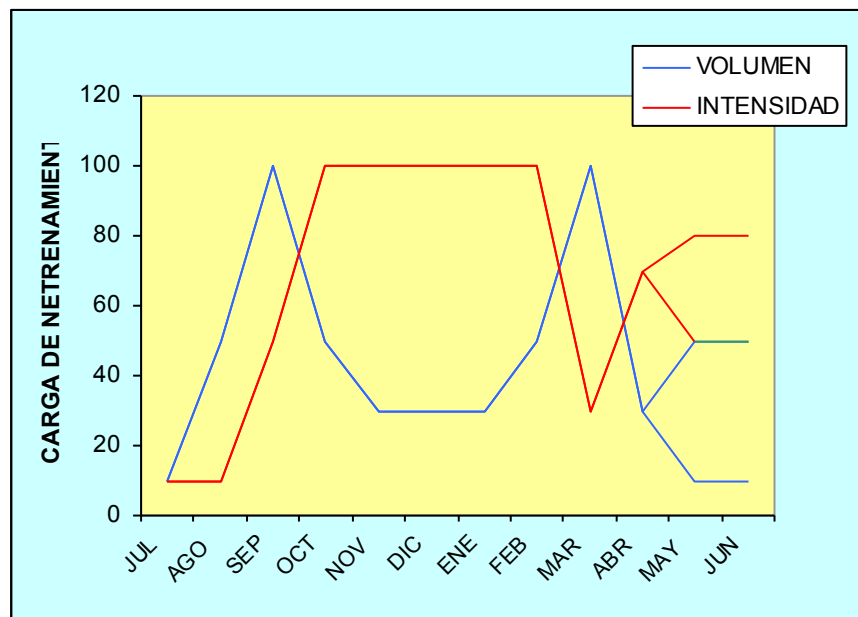
El desarrollo del trabajo tanto general como específico que desarrollaran los jugadores a lo largo de la temporada lo podemos ver en la gráfica 2.



Gráfica 2: Desarrollo de la preparación física general y específica.

El volumen y la intensidad desarrollada a lo largo de este macrociclo se pueden ver en la gráfica 3. Las intensidades y los volúmenes los consideraremos como:

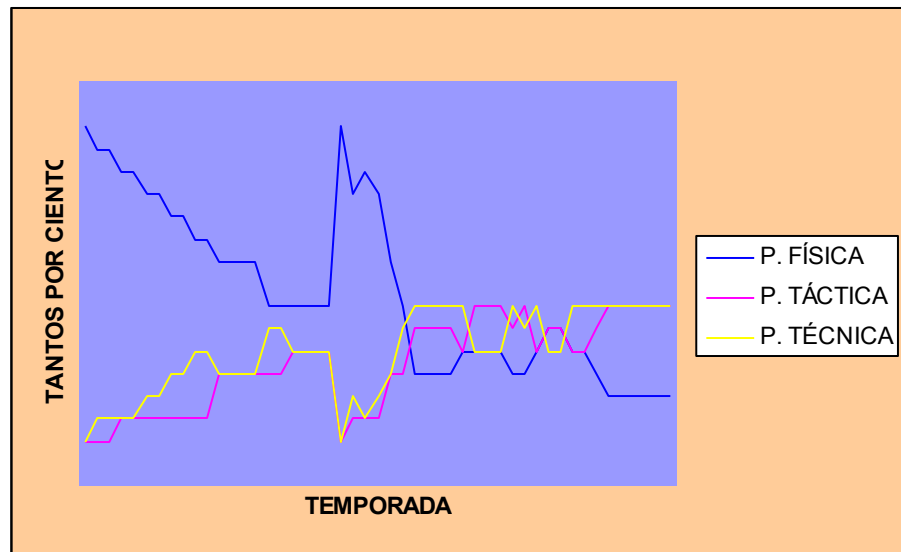
- Mínimos (10 %)
- Pequeños (30 %)
- Medio (50 %)
- Fuerte (70 %)
- Máxima (100 %)



Gráfica 3: volumen e intensidad de entrenamiento.

A lo largo de todo el proceso de entrenamiento, nos podemos encontrar con tres tipos diferentes de preparación (Gráfica 4):

- Preparación física.
- Preparación táctica.
- Preparación técnica.



Gráfica 4: Preparación física, técnica y táctica a lo largo de la temporada.

También hay que considerar la preparación psicológica, la cual trata de desarrollar las cualidades mentales y las capacidades volitivas que necesita el deportista para afrontar la competición.

La preparación psicológica se debe incluir en distintas parcelas:

- Como medida preventiva de desequilibrios en el deportista.
- Como parte de la activación a la competición.
- Como ayuda para los aprendizajes que hay que realizar.
- Como forma de conseguir la activación óptima en la competición, logrando la relación adecuada entre estrés y relajación.
- Procurar la motivación suficiente en el deportista.

Tener en cuenta, que el desarrollo de los entrenamientos se efectuara teniendo como base una serie de resultados obtenidos a partir de unos test físicos, los cuales nos mostrarán el estado físico de cada jugador. A partir de estos, el entrenamiento se irá modificando de acuerdo con las necesidades de cada uno.

1.2. ANATOMÍA DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

1.2.1. INTRODUCCIÓN

La rodilla es la articulación intermedia de la extremidad inferior. Une el muslo con la pierna y en su constitución entran tres huesos: fémur, tibia y rótula. Esta articulación contiene dos articulaciones secundarias: La fémoro-rotuliana que es una troclea y la fémoro-tibial que es una articulación condílea con meniscos interpuestos.

Desde un punto de vista biomecánico la articulación de la rodilla es la articulación más compleja del Aparato Locomotor; realiza movimientos en dos planos perpendiculares entre sí: flexo-extensión en torno a un eje transversal y rotación en torno a un eje longitudinal.

Es una articulación especial, dada la función que ha de desempeñar, tanto de soporte como de movilidad. Esta articulación es fundamental como elemento estático (para el mantenimiento de la posición bípeda) y como elemento dinámico (para la marcha, carrera y salto).

Las superficies articulares que configuran la articulación de la rodilla son:

- La tróclea femoral con sus dos carillas laterales.
- Los cóndilos femorales separados por la escotadura intercondílea.
- La carilla articular posterior de la rótula que se articula con las dos carillas de la tróclea.
- Las cavidades glenoideas de la tibia (con morfología diferente) que se extienden en la vertiente lateral de las espinas tibiales, verdadero eje en torno al cual giran los cóndilos en los movimientos de rotación.

1.2.2. ARTICULACIONES DE LA RODILLA

1.2.2.1. ARTICULACIÓN FÉMORO-PATELAR

La articulación fémoro-rotuliana o fémoro-patelar es una articulación troclear que protege por delante a todo el conjunto articular y sirve para elevar el tendón del cuádriceps permitiendo que su tracción sobre la tibia tenga lugar con un ángulo de inclinación, aumentando el brazo de palanca y la fuerza del aparato extensor de la rodilla (Foodfelow Y Cols., 1976).

1.2.2.2. ARTICULACIÓN FÉMORO-TIBIAL

Es una articulación condílea que tiene unos meniscos interpuestos entre las superficies articulares.

La articulación fémoro-tibial es una articulación de apoyo que desde un punto de vista mecánico se encuentra subdividida en dos cámaras diferentes: cámara superior o proximal (articulación fémoro-meniscal) que es una tróclea responsable de los movimientos de flexión y extensión de la pierna y cámara inferior o distal (articulación menisco-tibial), articulación trocoide que permite los movimientos de rotación entre muslo y pierna.

Desde un punto de vista morfológico, en la articulación femorotibial encontramos dos compartimientos: Externo e interno dispuestos entre cada uno de los cóndilos y las cavidades glenoideas y separados entre sí por un aparato ligamentoso complejo: los ligamentos cruzados. Puede ser considerada, pues, como una articulación bicondílea.

Los cóndilos femorales tienen una doble curvatura convexa en sentido longitudinal y transversal y el interno es más largo, más estrecho y baja más que el externo y está algo más proyectado hacia delante.

El cuerpo articular de la tibia está constituido por dos masas laterales denominadas platillos tibiales o cóndilos de la tibia que presentan dos pequeñas excavaciones de contorno ovoideo

denominadas cavidades glenoideas que se encuentran separadas entre sí por una elevación ósea con dos tubérculos (espinas de la tibia) dispuestos en la parte central en forma de pivote. En la parte anterior de la espina tibial existe una depresión, superficie preespinosa o fosa intercondílea anterior donde se insertan los cuernos meniscales anteriores y el ligamento cruzado anterior y en la parte posterior o superficie retroespinosa se insertan los cuernos meniscales posteriores y el ligamento cruzado posterior (Warren y Cols., 1986).

Meniscos intraarticulares o fibrocartílagos semilunares.

Las superficies articulares de la rodilla no son concordantes, pues los cóndilos femorales son superficies convexas y las cavidades glenoideas de la tibia son superficies casi planas. Esta discordancia ósea es necesaria para que en la articulación se puedan realizar los movimientos de flexoextensión y rotación. Para que pueda existir a la vez movilidad y concordancia, en cada una de las cavidades glenoideas se desarrolla un menisco o fibrocartílago. Los meniscos son unas formaciones con forma de media luna que se interponen a manera de cuña entre los cóndilos femorales y las mesetas tibiales adaptándose perfectamente a las superficies articulares. Se fijan a la superficie tibial por sus extremos (astas), quedando libres en el resto.

Se diferencian dos meniscos: interno y externo y cada uno de ellos presenta características particulares que hacen que se puedan diferenciar entre sí.

Medios de unión de las superficies articulares:

Las diferentes piezas esqueléticas que entran en la constitución de la rodilla se mantienen unidas por:

- Un ligamento capsular o cápsula articular.
- Ligamentos.
- Presión atmosférica.

- Ligamento capsular o cápsula articular: El ligamento capsular o cápsula articular es de naturaleza fibrosa. Forma un manguito femorotibial cilíndrico constituido predominantemente por fibras conjuntivas verticales, aunque también posee fibras transversas y oblicuas.
- Ligamentos: Los ligamentos que refuerzan la cápsula articular se dividen en anteriores, lateral interno, lateral externo y posteriores.
- Ligamentos anteriores: Por delante, la cápsula articular está reforzada por una serie de elementos fibrosos dispuestos en tres planos: profundo, medio y superficial.
- Ligamento lateral externo: Está formado por un cordón redondeado, oblicuo hacia abajo y afuera, en la parte posterolateral de la rodilla. Tiene la forma de un cordón redondeado y grueso y se extiende del cóndilo externo del fémur a la extremidad superior del peroné.
- Ligamento lateral interno o colateral tibial: Es aplanado y forma una cinta fibrosa, oblicua hacia abajo y adelante (en sentido inverso al ligamento externo). Por arriba se inserta en la tuberosidad del cóndilo interno o epicóndilo interno por debajo del tubérculo del tercer aproximador. Se dirige hacia abajo y adelante y viene a terminar en la parte más elevada de la cara interna de la tibia y borde interno.
- Plano fibroso posterior o ligamentos posteriores: Formados por un conjunto de formaciones fibrosas que recubren los casquetes condíleos.
 - Ligamento poplíteo oblicuo.
 - Ligamento poplíteo arqueado.
- Ligamentos cruzados: Están situados en el espacio intercondíleo. Son dos cordones fibrosos cortos y muy gruesos que se extienden del espacio interglenoideo de la meseta tibial al espacio intercondíleo del fémur. Los ligamentos cruzados de la rodilla se cruzan entre sí dos veces, una en sentido anteroposterior y otra en sentido transversal.

1.2.3. BIOMECÁNICA DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

La articulación de la rodilla realiza movimientos en dos planos perpendiculares entre sí: flexoextensión (en un plano sagital) y rotación (en un plano frontal).

1.2.3.1. MOVIMIENTOS DE FLEXO-EXTENSIÓN

Estos movimientos se realizan en torno a un eje transversal bicondíleo que pasa por las inserciones femorales de los ligamentos laterales (epicóndilos). Es un eje móvil, ya que se va desplazando en el transcurso del movimiento.

Partiendo de la posición de reposo o neutra que es la que existe cuando la rodilla está extendida (muslo y pierna constituyen un ángulo de 0°), la flexión activa de la pierna alcanza una amplitud media de unos 130° - 140° siempre que la cadera esté en flexión previa; cuando la articulación de la cadera se encuentra en extensión, la flexión sólo llega a alcanzar unos 120° y ello se debe a la disminución de la eficacia de los músculos isquiotibiales cuando la cadera está en extensión. Se pueden sobrepasar esos 120° con la cadera en extensión si realizamos una contracción balística (contracción potente y brusca de isquiotibiales lanza la flexión de rodilla que finaliza como flexión pasiva). De manera pasiva podemos ampliar este movimiento hasta los 160° (hasta que el talón contacte con la nalga; sentarse en cuclillas).

A partir de la posición 0° algunas personas (fundamentalmente relacionadas con algún tipo de actividad deportiva pueden realizar ligeros movimientos de hiperextensión, sobre todo de forma pasiva (entre 5° y 10°); Por encima de estos grados entraríamos ya en un movimiento patológico, tratándose de un genu recurvatum.

1.2.3.2. MOVIMIENTOS DE ROTACIÓN

El segundo movimiento que realiza la articulación de la rodilla es el de rotación en torno al eje longitudinal de la pierna. Este movimiento sólo se puede realizar con la rodilla flexionada, ya que por la constitución de la articulación y la tensión que presentan en esta posición los ligamentos laterales y cruzados, es imposible realizar el giro con la rodilla en extensión completa. La mayor capacidad rotatoria se consigue cuando la rodilla se encuentra en flexión de 20° a 90°.

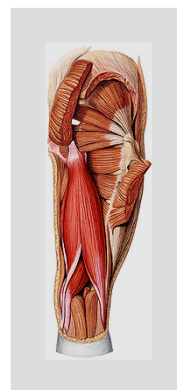
Los movimientos de rotación se dividen en rotación interna (pronación) y rotación externa (supinación). Se realizan en la cámara distal de la articulación y consisten en la rotación de las tuberosidades de la tibia sobre los meniscos y cóndilos femorales que les acompañan.

La amplitud de los movimientos de rotación activa es de 15° a 25°, en tanto que la movilidad pasiva llega a los 40° o 50°. La rotación externa es 4 veces mayor que la interna. Para valorar su amplitud se debe de colocar la rodilla en flexión de 90° ya que es la posición de máxima movilidad rotatoria (Rosenberg y Col., 1992).

1.2.4. APARATO MOTOR DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

Todos los músculos que cruzan por detrás el eje transversal de la articulación de la rodilla se comportan como músculos flexores y los que lo hacen por delante son extensores de la articulación de la rodilla.

Del mismo modo, todos los músculos que cruzan la articulación de la rodilla por dentro del eje de movimientos de rotación realizarán rotación interna de la pierna y los que se localizan por fuera del eje realizarán una rotación externa.



Gráfica 22: Vista anterior de la musculatura de la pierna derecha.

Gráfica 23: Vista posterior de la musculatura de la pierna derecha.

1.2.4.1. MÚSCULOS FLEXORES

Los músculos de la región posterior del muslo (músculos isquiosurales) son los auténticos flexores de la articulación de la rodilla. Estos son el semimembranoso, el semitendinoso y el bíceps crural. El resto de los músculos que intervienen en la flexión, salvo el recto interno, tienen una acción más secundaria.

Además, los músculos isquiotibiales, al ser músculos biarticulares, también tienen importancia en la extensión de la cadera y durante la fase de apoyo al impedir que la pelvis bascule hacia delante lo que provocaría un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad.

Otros músculos flexores que tienen una participación menor son el Recto interno, el Sartorio, el Poplíteo y los Gemelos.

1.2.4.2. MÚSCULOS EXTENSORES

El aparato extensor de la articulación de la rodilla está constituido por los músculos responsables del movimiento de extensión, la rótula y el tendón rotuliano. El aparato extensor, además de intervenir en los movimientos de extensión, tiene una importante función estabilizadora.

Los principales músculos implicados en la extensión son:

- Cuádriceps.

- Tensor de la fascia lata (cintilla iliotibial de Maissiat).

1.2.4.3. MÚSCULOS ROTADORES INTERNOS

Son aquellos músculos flexores que se insertan por dentro del eje vertical de rotación:

- Poplíteo.
- Semimembranoso.
- Semitendinoso.
- Recto interno.
- Sartorio.

El conjunto de los rotadores internos es más potente que los externos.

1.2.4.4. MÚSCULOS ROTADORES EXTERNOS

Son aquellos músculos flexores que se insertan por fuera del eje vertical de rotación:

- Bíceps crural o femoral. Es el más importante.
- Tensor de la fascia lata.

1.3. CONSUMO DE OXÍGENO (VO₂)

1.3.1. DEFINICIÓN

El consumo de oxígeno (VO₂) es un parámetro fisiológico que expresa la cantidad de oxígeno que consume o utiliza el organismo. La medición directa o la estimación indirecta de este parámetro nos permite cuantificar de alguna forma el metabolismo energético, ya que el oxígeno se utiliza como carburante en las combustiones que tienen lugar a nivel celular y que permiten la transformación de la energía química en energía mecánica (contracción muscular) (Ferrero y Col., 1989).

Si realizamos un trabajo de tipo progresivo, podemos observar una respuesta directa y lineal entre los incrementos de intensidad de esfuerzo y el incremento del consumo de oxígeno. Si la prueba ergométrica realizada es de carácter máximo, llega un momento en que a pesar de aumentar la intensidad, el VO₂ no se incrementa, si no que se hace estable (fase denominada meseta) o incluso llega a disminuir. El valor encontrado para el VO₂ en ese punto de cambio se denomina, consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) o potencia aeróbica máxima (PAM) (Chicharro y Col., 1991). Ello implica que el individuo que está siendo sometido a una prueba ha alcanzado una limitación central del esfuerzo, es decir, que bajo las condiciones de medición establecidas por el protocolo, el corazón es incapaz de desarrollar un mayor gasto cardíaco, y por tanto es responsable de la estabilización temporal del transporte de oxígeno (Mader y Cols., 1976).

La demostración de la existencia de una meseta del consumo máximo de oxígeno, depende de la activación de un gran volumen muscular.

Aunque la información sobre el transporte máximo de oxígeno es más satisfactoria si se ha alcanzado una meseta, algunos autores mantiene que los valores máximos sin una meseta clara son igualmente consistentes y útiles para la dirección del deportista (Shephard, 1996).

El consumo máximo de oxígeno mide la capacidad del cuerpo para transportar oxígeno desde la atmósfera hasta los músculos que están trabajando, y es uno de los determinantes más importantes del rendimiento de resistencia. Este parámetro durante mucho tiempo se ha tenido muy en cuenta a la hora de valorar las capacidades físicas de un deportista.

Los valores de VO₂ máx. dependen de muchos factores, entre los que hay que considerar fundamentalmente el sexo, las características cineantropométricas, la edad, la herencia y el nivel de entrenamiento. Como datos aproximativos, los valores de VO₂ máx., para un hombre, equivale a 42 ml./kg./min. y para una mujer están en torno a 35 ml./kg./min. (Astrand y Cols., 2003; Cooper, 1994; Milhner, 1991; Karpman y Cols., 1988). Shephard y Col. (2000) o Zintl (1991), aportan valores típicos de consumos de oxígeno en varios deportes, que oscilan, en el caso de los hombres, desde los 40-45 ml/kg./min. de los corredores de larga distancia o el esquí de fondo. En las mujeres, los valores están comprendidos entre 35-40 ml./kg./min. de las tiradoras, los 65-70 ml./kg./min. de las corredoras y de las esquiadoras de fondo. En la tabla 4, mostramos los consumos máximos de oxígeno obtenidos en diferentes estudios realizados específicamente a jugadores de rugby.

AUTOR	VO₂ máx. (ml./Kg./min.)
Watson, (1995)	58.6 ml/kg./min.
Takarada, (2003)	58.5 ml/kg./min.
Coutts y Cols., (2003)	57.9 ml/kg./min.
Brewer y Col., (1995)	56 ml/kg./min.

Tabla 4: VO₂ máx. obtenido por jugadores de rugby.

Por otra parte, estudios realizados por Navarro Valdivieso (1998), García Manso y Cols. (1996), Rodríguez y Cols. (1992) o McArdle y Cols. (1990), se delimita el consumo máximo de oxígeno teniendo en cuenta el tipo de actividad deportiva realizada (Tabla 5).

Los deportistas que participan en deportes que requieren un esfuerzo prolongado durante más de 2 minutos suelen tener un VO₂ máx. mayor que los que participan en actividades de duración mas breve o intermitente.

DEPORTES	VO ₂ máx. (ml./kg./min.)
De resistencia	75-80
De combate y <u>de equipo</u>	50-55-60
Estáticos/acrobáticos	40-45-50

Tabla 5: VO₂ máx. en diferentes deportes.

Según Conconi y Cols. (1982), para obtener el VO₂ máx., la intensidad del esfuerzo de los grandes grupos musculares debe de ser incrementada mediante una prueba progresiva. Conforme aumenta la intensidad del ejercicio, aumenta la necesidad de consumir O₂, lo que se traduce en un aumento lineal del VO₂ y de la frecuencia cardiaca, que son a nivel fisiológico los dos parámetros que conllevan toda la serie de reacciones de adaptación.

1.3.2. EFECTO DEL ENTRENAMIENTO SOBRE EL CONSUMO DE OXÍGENO

Valdés en 1997, afirma que el entrenamiento físico consiste en someter al organismo a una carga o tensión de trabajo, de intensidad, duración y frecuencia suficientes para producir cambios adaptativos observables o medibles.

El aumento de VO₂ máx. se produce a causa de una mayor capacidad de cesión de oxígeno a la fibra muscular ejercitante a través de un aumento del gasto cardiaco y por un aumento de la capacidad de extracción de oxígeno desde la sangre por los músculos en contracción (Chicharro y Col., 1991).

Existen estudios que demuestran que con el entrenamiento, un individuo desentrenado puede mejorar entre un 15 y un 20% su PAM, dependiendo de sus niveles previos al entrenamiento. Esto se debe a cambios en el transporte cardiopulmonar (centrales) y en la vascularización de los tejidos (periférico) (Saltin, 1986).

Este aumento en el VO₂ máx., está determinado por factores constitucionales (antropometría, edad, sexo) y factores ambientales como temperatura, humedad, nutrición, nivel de entrenamiento, etc.

1.3.2.1. FACTOR CONSTITUCIONALES

A la hora de analizar la capacidad aeróbica de un deportista, un gran porcentaje de su VO₂ máx., viene determinado genéticamente. Lo que quiere decir que poseen un tamaño torácico mayor en relación al tamaño corporal y unos músculos respiratorios más fuertes (Bouchard y Cols.; 1990). A su vez, cifran este condicionamiento en, aproximadamente un 80% de dicha capacidad.

1.3.2.2. FACTORES AMBIENTALES

1.3.2.2.1. TIPO DE SUJETOS

- Personas sedentarias:

Partiendo del hecho de que el VO₂ máx. en sujetos no entrenados oscila entre 38 y 50 ml./kg./min. (Thodin, 1991); Daniels y Cols. (1984) afirman que mediante periodos cortos de entrenamiento (2-3 semanas) solo se logra aumentarlo un 10% más o menos. Si esa misma persona, es sistemáticamente entrenada durante un periodo largo de tiempo, se incrementa en gran medida el VO₂ máx., que puede llegar a ser de un 25 a un 30% (Mora, 1995).

- Personas entrenadas:

El VO₂ máx., en deportistas de alto rendimiento está entre 50 y 70 ml./kg./min. (Jiménez y Cols., 1993; Menchenelli y Cols., 1992;

Thodin, 1991; Platonov, 1991; Dernus y Col. 1990). Por tanto, las personas entrenadas logran unos valores más altos de VO₂ máx., respecto a las sedentarias, lo cual les favorece a la hora de realizar ejercicios de alta intensidad. Según Sangenis en un estudio realizado en el 2002, señala que mayor VO₂ máx., no implica directamente correr más, pero sí más posibilidades de hacerlo, ya que cuanto mayor sea el VO₂ máx., mayor será la capacidad aeróbica del individuo.

Según Daniels y Cols. (1984) el coeficiente de variación durante un periodo de entrenamiento de 6 meses para corredores entrenados en un tapiz rodante a velocidad constante ha sido sólo del 3 %. Por otra parte, Wilmore y Col. en el 2000, afirman que el VO₂ máx., aumenta con el entrenamiento físico únicamente durante 8 a 12 semanas, nivelándose entonces este valor, aunque continúe el entrenamiento incluso con intensidades más altas.



Figura 24: Test de esfuerzo.

1.3.2.2.2. TIPO DE EJERCICIOS

En los ejercicios de intensidad máxima, las cargas de trabajo no se pueden sostener durante períodos muy prolongados (Shephard y Col., 2000; Hollmann y Cols., 1990). Una carga de trabajo al máximo consumo de oxígeno no necesariamente está situada en el 100% del consumo de oxígeno. Los investigadores manifiestan al respecto, que la zona del máximo consumo se sitúa ya a partir del 90% de las máximas posibilidades (Hollmann y Cols., 1990). Una carga desplegada en el límite máximo del consumo de oxígeno se puede desarrollar solamente unos 6 o 7 minutos de esfuerzo continuo.

Según Chicharro (2001) la respuesta del consumo de oxígeno ante un ejercicio de intensidad estable y carga submáxima muestra en primer lugar una fase de adaptación del sujeto al ejercicio, para posteriormente alcanzar una fase de estado estable (3 minutos según

Álvarez del Villar en 1987). Los niveles de consumo de oxígeno para este tipo de ejercicios, no alcanzará nunca el nivel máximo y el tiempo que podrá mantener dicha intensidad de trabajo estará entre los 5 minutos y las 2 horas.

1.3.4. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE OXÍGENO

1.3.4.1. APARATAJE

La primera referencia que se tiene de estos estudios, data de 1667 en que Haske con el empleo de un sistema de fuelle doble abordó la tráquea de un perro, intentando conocer detalles de la mecánica respiratoria. (Middelton, 1989).

A finales del siglo XIX, el británico Hutchinson introdujo el primer espirómetro, con el que recopiló datos de más de 2000 sujetos. Fue este autor quien estableció, que el valor de la capacidad vital depende de la edad, la talla, el sexo, el peso corporal; y que declina considerablemente en las enfermedades pulmonares (Kovats, 1979).

Prosiguen los estudios y hacia 1927, Rohrer y Neegord perfilan las pruebas de la mecánica ventilatoria, por lo que se consideran pioneros en este campo. Hacia 1949, Tiffeneau relaciona volumen de aire espirado en la unidad de tiempo, conformando la espirometría dinámica. Ya por esa época, también se registran mediante una espirometría el comportamiento de la capacidad vital ante la inhalación de metacolina, dando comienzo a los estudios de hiperreactividad bronquial.

La evolución de los diferentes espirómetros desde el inicial de Hutchinson hasta los modernos computerizados, ha significado una verdadera revolución en este campo.

El instrumental técnico para analizar los gases respiratorios ha mejorado mucho en pocos años. Los aparatos se han hecho más precisos y han disminuido su tamaño llegando incluso a la posibilidad

de su uso portátil en pruebas de campo (García, 2000; Morante, 2000; Hausswirth y Cols., 1997; Schulz y Cols., 1997). En función de las posibilidades técnicas según la época para determinar el consumo de oxígeno durante el esfuerzo se han utilizado una serie de pruebas que clásicamente se han catalogado como test de campo o de laboratorio y test directos o indirectos (Villa y Cols., 1992). Frente a la precisión y exactitud de los métodos directos de laboratorio encontramos la gran aplicación práctica de los test indirectos de campo que pierden en exactitud pero ganan en la especificidad propia de cada deporte (MacDougall y Cols., 1995).

1.3.4.1.1. MÉTODOS INDIRECTOS

El VO_2 puede calcularse en base a la frecuencia cardiaca registrada durante la ejecución de ese trabajo por la relación lineal directa VO_2 - fc. en ejercicios de intensidad mediana hasta el máximo stady state (meseta) (Astrand y Col., 1992).

1.3.4.1.2. MÉTODOS DIRECTOS

1.3.4.1.2.1. Medición de oxígeno en medios cerrados

Se caracteriza por la máscara de conexión al analizador de gases, que cubre toda la cara, y porque las variaciones volumétricas de la respiración se registran directamente en una campana. El deportista respira en un sistema cerrado de aire con volumen y presión constante. La temperatura se mantiene estable mediante un termostato provisto de un sistema de enfriamiento. Por el ascenso de la curva respiratoria de la curva de O_2 en la unidad de tiempo, puede determinarse la magnitud de asimilación de O_2 . El contenido de O_2 del aire del sistema puede mantenerse constante durante el esfuerzo ergométrico por medio de diversos procedimientos. No es un método utilizado con frecuencia en el control de deportistas, por lo que no insistimos en sus características.

1.3.4.1.2.1. Medición de oxígeno en sistemas abiertos

En los llamados sistemas abiertos se inspira el aire exterior (20.95% de O₂) y se mide la concentración de O₂ del aire espirado.

Teniendo en cuenta este sistema, existen dos tipos fundamentales de métodos, el método llamado de los sacos de Douglas (Figura 25) y el de cámara de mezcla o en ciclo a ciclo (Figura 26). Este último es el más utilizado para esfuerzos máximos con aumentos de potencia de duración breve.



Figura 25: Sacos de Douglas

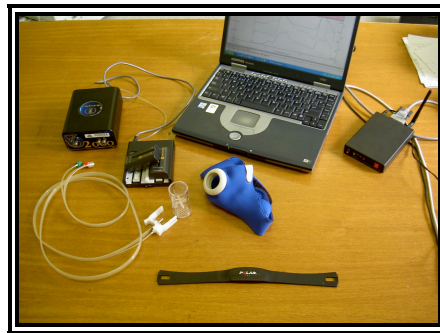


Figura 26: Ciclo a ciclo

Las determinaciones de los flujos ventilatorios se realizan por medio de un espirómetro de agua de gran capacidad o de sensores (neumotacógrafos de Fleisch o de Lilly, o tubos de Pitot). Todos estos sensores requieren calibración, y la graduación debe hacerse a tamaño real y con aire ambiental. Es preciso comprobar la linealidad haciendo calibraciones de distintos flujos. Lo ideal es calibrar el sensor de flujo con la línea de recogida de la muestra colocada. Por otro lado, los problemas de estanqueidad del sistema aconsejan utilizar la boquilla y la pinza nasal mejor que la mascarilla buconasal en las pruebas de esfuerzo de corta duración.

Las mediciones de las concentraciones de O₂ y CO₂ se realizan con un solo aparato (que mida los dos gases, como el espectrómetro de masas) o con aparatos específicos para cada uno de los dos gases.

Deben conocerse perfectamente el principio (polarografía, óxido de zirconio, paramagnético para O₂, infrarrojo para CO₂), la precisión (absoluta y relativa) y el tiempo de respuesta (tiempo de tránsito desde la toma de la muestra del gas en la boca hasta la medición de ese gas) de estos analizadores.

El ajuste de los analizadores de gases se lleva a cabo antes de cada exploración con dos mezclas diferentes: aire ambiental y gases de referencia, cuyas concentraciones son próximas a las del aire espirado (O₂ 15%; CO₂ 5%).

Los aparatos deben haberse puesto en marcha al menos 45 minutos antes de la exploración (tiempo de calentamiento de los analizadores). Debe procederse a la calibración y ajuste antes de cada medición, y también después de la exploración, si existe alguna duda acerca de los resultados. Antes de iniciar el esfuerzo, la observación de los parámetros respiratorios en la fase de reposo puede permitir detectar las anomalías de funcionamiento: cociente respiratorio demasiado alto, VO₂ en reposo excesivo o demasiado bajo para la persona explorada,... También resulta útil comprobar periódicamente el funcionamiento del espirómetro haciendo una serie de mediciones en un sujeto de referencia del laboratorio.

1.3.4.2. PRUEBAS O TEST DE EVALUACIÓN

Mediante el análisis del consumo máximo de oxígeno se obtiene una valoración objetiva de la capacidad funcional del deportista (Sharma y Cols., 2001). Para conocer su estado físico y poder realizar comparaciones con otros sujetos y consigo mismo, tenemos a nuestro alcance una serie de test deportivos (MacDougall, 1993) que son el instrumento idóneo para conseguir unos datos objetivos, validos y fiables (Neumaier, 1999).

Por test se entenderá en sentido estricto, a toda prueba estandarizada. Es decir, "un procedimiento científico práctico para examinar una o varias características delimitables empíricamente, con el objeto de hacer una evaluación en términos cuantitativos de la fuerza relativa de una característica individual" (Calvi y Col., 1995).

Para llevar a cabo la valoración del deportista hay que cumplir ciertas condiciones antes de hacer los test:

Preparación y motivación: Consiste en infundir confianza al deportista antes de realizar la prueba ergométrica, convenciendo de que es seria y muy importante para determinar su estado de forma.

Uniformidad del método: Para que el test sea uniforme debe de cumplir tres premisas fundamentales, validez, fiabilidad y objetividad (Cazorla y Cols., 1984; Wragg y Cols., 2000). Mínimas modificaciones, aunque parezcan insignificantes pueden afectar a la ejecución del test, perjudicando su validez. Algunas normas elementales son: No tomar comidas copiosas antes del test y guardar al menos una hora y media entre la última comida y la realización de la prueba; mantener la sala a una temperatura agradable (18º-22º); Evitar realizar ejercicios pesados y duraderos el día anterior a la prueba; evitar perturbaciones como ruidos o espectadores en la sala.

Consideraciones fisiológicas y psicológicas. Se deben atender unas mínimas normas higiénicas que favorezcan la mejor ejecución y desarrollo de las pruebas. El sujeto deberá reposar unos diez minutos antes de la prueba, y evitara estados de excitación y ansiedad.

En cualquier caso, hay que optimizar cada uno de los test empleados atendiendo a las premisas de pertinencia, especificidad, validez y fiabilidad. Con ello se consigue que las pruebas empleadas sean medibles y reproducibles y, por tanto, los resultados puedan compararse y repetirse.

Para la obtención de dichos resultados, se realizan una serie de pruebas que clásicamente se han catalogado como test de campo y de laboratorio (Villa y Cols., 1992).

También podemos clasificar las pruebas en función de si son directas o indirectas. En las directas se cuenta con analizadores de gases, que permiten recoger el aire espirado, con lo cual se obtienen multitud de parámetros de indudable interés. Los datos son más fiables, pero es mucho más costosa su realización. Los test indirectos se basan en la relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno, hecho que les permite estimar este parámetro.

Los errores son mayores, pero este tipo de pruebas están más al alcance de todos los preparadores.

En relación a los protocolos, podemos distinguir cómo se aplica la carga. Esta puede ser de tipo continuo, cuando no se intercalan intervalos de reposo o de tipo discontinuo, cuando sí los hay. Los continuos puede dividirse en cíclicos (intensidad constante) y variables (intensidad no constante), mientras que los discontinuos lo hacen en interválicos (pausa incompleta) y de repeticiones (pausa completa).

Por último, también se puede hablar de pruebas máximas, en las que se lleva la prueba hasta el agotamiento o hasta alcanzar criterios de maximalidad, y submáximas, en las que la prueba se interrumpe antes de citado punto, estimándose el máximo por métodos gráficos o matemáticos.

1.3.4.2.1. TEST DE LABORATORIO

La valoración de la fatiga y del consumo de oxígeno en el laboratorio nos permite controlar los factores externos a la prueba reduciendo al máximo las variables que puedan modificar los resultados del estudio (clima, público, estado de las pistas o del material, etc.). Además, otorga mayor precisión y fiabilidad a las valoraciones, puesto que admite la utilización de equipos de medida sofisticados (monitorización completa, ergospirometría, etc.) (García, 2000; Morante, 2000; Shephard, 1996).

- Pruebas ergométricas (en laboratorio):

La ergometría o prueba de esfuerzo es el estudio funcional que emplea el ejercicio físico, controlado y progresivo, permitiendo analizar diferentes variables indicadoras fundamentalmente del estado físico del sujeto. Si esto lo trasladamos al ámbito deportivo, el objetivo fundamental de una evaluación de este tipo será medir su calidad y eficiencia en relación con la disciplina específica que desarrolla. De esta manera, es importante que la evaluación funcional de un atleta no se limite a la aplicación de pruebas genéricas, deben idearse pruebas de carácter específicas que

subrayen las características funcionales del deporte estudiado (Shephard y Col., 2000).

En la evaluación fisiológica y biomecánica, debemos de diferenciar los estudios de laboratorio de los estudios de campo. Los métodos de campo se usan generalmente cuando no es posible reproducir o simular en el laboratorio todas las condiciones que pueden darse durante la competición. En la actualidad, los ergómetros más utilizados en el laboratorio son la cinta rodante, el cicloergómetro, el kayak ergométrico y los ergómetros específicos para natación, entre otros.

1.3.4.2.2. TEST DE CAMPO

Por otro lado, los test de campo poseen un valor incuestionable, aunque la validez de los datos obtenidos debe de estar respaldada por el laboratorio. Las pruebas de campo suelen ser más específicas y con mayor validez, por cuanto que permiten la realización de la actividad en el medio en que se desarrolla normalmente, con sus características temporales y de intensidad o duración de la prueba, intensidad libre de limitaciones impuestas por el ergómetro, etc. y sobre todo, con sus características biomecánicas específicas. Recordemos que existen gestos deportivos no reproducibles en el laboratorio o que el ergómetro no permite simular con precisión suficiente.

En la actualidad, también podemos realizar pruebas ergométricas en el propio lugar de la competición, algunos de los estudios que antes únicamente podían desarrollarse en el laboratorio ahora podemos trasladarlos sin ningún tipo de inconveniente al terreno de juego, un ejemplo claro es el análisis de consumos de oxígeno.

Algunos de los test mas utilizados a la hora de analizar el consumo de oxígeno, son los siguientes:

- Test de Course Navette (Test de Leger-Lambert)

Este test, según Leger y Cols. (1988), valora la potencia aeróbica máxima y determina el consumo máximo de oxígeno. Consiste en recorrer la distancia de 20 metros ininterrumpidamente, al ritmo que marca una grabación con el registro del protocolo correspondiente. Se pondrá en marcha el magnetófono y, al oír la señal de salida, el ejecutante tendrá que desplazarse hasta la línea contraria (20 metros) y pisarla esperando oír la siguiente señal. Se ha de intentar seguir el ritmo del grabador que progresivamente ira aumentando el ritmo de carrera. Se repetirá constantemente este ciclo hasta que no pueda pisar la línea en el momento en que le señale el magnetófono. Cada periodo rítmico se denomina "palier" o "periodo" y tiene una duración de 1 minuto. El VO₂ máximo se calcula a partir de la velocidad de carrera que alcanzó el ejecutante en el último periodo que pudo aguantar, según la siguiente ecuación:

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = 5,857 * \text{Velocidad (Km. / h)} - 19,458$$

Este test esta muy cuestionado cuando se pretende utilizar en deportistas bien entrenados, siendo más valido en sujetos con un nivel bajo de forma.

- Test de Cooper (Test de los 12 minutos)

Este test, según Cooper (1994), valora la resistencia aeróbica y determina de manera indirecta el VO₂ máximo. Consiste en cubrir la máxima distancia posible durante doce minutos de carrera continua. Se anotará la distancia recorrida al finalizar los doce minutos. Teóricamente, una carga constante que provoca el agotamiento a los 12 minutos de iniciarse, se correlaciona significativamente con el valor del VO₂ máximo. Según esto, el VO₂ máximo se puede determinar por la siguiente ecuación:

$$\text{VO}_2 \text{ (ml/kg./min.)} = 22,351 * \text{Distancia (Km.)} - 11,288$$

Recientes estudios le conceden una validez que oscila entre un $r = 0.24$ y 0.96 respecto al VO₂ máx. (Cazorla y Col., 1990). Por tanto sería una forma indirecta de evaluar la resistencia a la fatiga.

1.4. FATIGA

1.4.1. CONCEPTO DE FATIGA

La fatiga se define como un conjunto de cambios que experimenta nuestro organismo, cuando se encuentra sometido a condiciones extremas de sobreentrenamiento; o bien cuando no estamos habituados a un tipo de trabajo con una intensidad concreta, e intentamos superar nuestro propio límite de esfuerzo. Ello nos llevaría a tener posteriormente una menor capacidad de respuesta ante el entrenamiento. Cuando aparece el cansancio o la fatiga, se manifiestan síntomas físicos, psicológicos, o ambos a la vez.

Fernández-García y Col. (2004), la entienden como "La imposibilidad de generar una fuerza requerida o esperada, producida o no por un ejercicio precedente".

Bravo Berrocal (1998) la define como "aquel estado de disminución de la capacidad para el trabajo producido por una actividad excesiva. Generalmente suele ir acompañado de una sensación desagradable causada por el esfuerzo previo".

1.4.2. TIPOS DE FATIGA MUSCULAR

Partiendo de las definiciones de fatiga, podemos diferenciar varios tipos de fatiga teniendo en cuenta qué, cuando o dónde afecta.

1.4.2.1. FATIGA EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD AFECTADA (Figura 27)

Según Zatsiorsky (1995), la fatiga puede afectar a las siguientes capacidades.

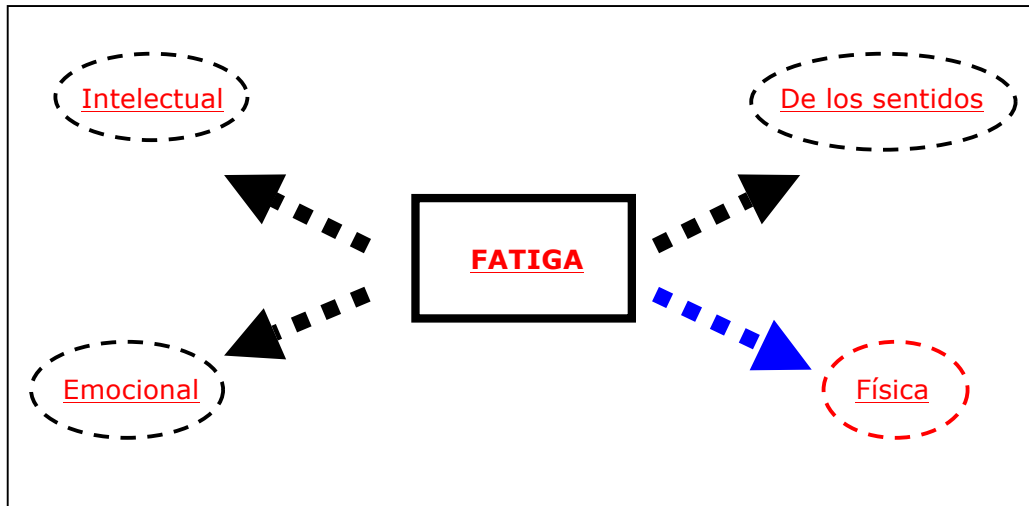


Figura 27: Clasificación de la fatiga dependiendo de la capacidad afectada.

1. Intelectual (juego de ajedrez).
2. De los sentidos (tiradores al blanco).
3. Emocional (intensas emociones, competición, miedos, etc.).
4. Física. Causada por el trabajo muscular, distinguiendo tres grupos:
 - a. Cansancio local: participa 1/3 o menos de la masa muscular.
 - b. Cansancio regional: participan músculos que constituyen entre 1/3 y 2/3 de la masa muscular.
 - c. Cansancio global (general): donde la participación en el trabajo es superior a los 2/3 de la masa muscular.

A estas formas de cansancio hay que añadir la llamada sensación de cansancio, "vagancia", que en la mayoría de los casos no presenta forma concreta, siendo consecuencia de la monotonía en el entrenamiento. Se elimina variando simplemente las formas y el lugar de trabajo.

1.4.2.2. FATIGA EN FUNCIÓN DEL LUGAR DE APARICIÓN

Legido (1986), Green (1987), Keul y Cols. (1987) y Barbany (1990) diferencian dos tipos de fatiga, la central (sistema nervioso) y la periférica (reservas energéticas, electrolitos, proteínas...).

1.4.2.2.1. FATIGA CENTRAL

Fallo en la activación del sistema nervioso, producida por encima de la placa motora.

- Fatiga de origen psíquico, en la que se presenta un componente subjetivo evidente y notable, evidenciado por una situación de estrés intelectual intensa y duradera.
- Fatiga de origen neurológico, en la que participa un componente prioritario de sobrecarga de la actividad neuronal y de las vías y circuitos medulares o corticales, centrales o vegetativos.

Se ha comprobado que la fatiga muscular no es controlada al 100% por el sistema nervioso central (Silvestre, 2002).

1.4.2.2.2. FATIGA PERIFÉRICA

Fallo en el funcionamiento de las estructuras, por debajo de la placa motora. Se produce en función de la duración temporal del esfuerzo y del mayor o menor nivel de afectación del organismo que pueda acompañarla. Esta, según Rietjens y Cols. en 2005, se produce a continuación de la fatiga central.

Este tipo de fatiga es originada directamente por la actividad muscular derivada de la práctica física, desarrollada a niveles de intensidad excesivos por su cuantía, duración o velocidad de ejecución. En contraposición a los otros tipos de fatiga mencionados, en esta modalidad el componente central desempeña en ocasiones un papel importante o incluso fundamental.

1.4.2.3. FATIGA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE APARICIÓN

Autores como Fernández y Col. (1993) o Fry y Col. (1991), señalan tres tipos de fatiga desde el punto de vista del tiempo de aparición: aguda, sobreaguda y crónica (Figura 28).



Figura 28: Clasificación de la fatiga según el tiempo de aparición.

1.4.2.3.1. AGUDA

Se origina durante la realización de una actividad física. En este tipo aparecen mecanismos diferentes de producción de fatiga dependiendo de que el ejercicio sea de corta o larga duración, local o general.

Se manifiesta durante una sesión de ejercicios, entrenamiento o competición, produciendo disminución del rendimiento, en función de la cualidad física empleada durante el ejercicio: fuerza,

velocidad,... De ahí, que en este tipo de fatiga los mecanismos de producción serán diferentes dependiendo si es un ejercicio de corta duración (velocidad o fuerza), o si es un ejercicio de larga duración, es decir, con predominio aeróbico. Así mismo, esta fatiga puede afectar a un grupo localizado de músculos, por lo que puede decirse que se trata de un problema local; o bien en aquellos casos en los que afecta aproximadamente a más de los 2/3 de los músculos esqueléticos; en cuyo caso se denomina fatiga global.

Dependiendo de la intensidad, puede manifestarse entre las 8 y 72 horas siguientes, un cuadro de inflamación muscular retardada, comúnmente llamado "agujetas", con aumento de enzimas musculares en sangre y dolencia muscular. Todo ello debido a microlesiones, más o menos importantes, en el tejido muscular.

1.4.2.3.2. SUBAGUDA

También llamada de sobrecarga. Ocurre después de uno o varios microciclos de carga, cuando el esfuerzo se ha producido a una intensidad más elevada a lo adaptado por el sujeto, con relativamente pocas sesiones de regeneración. Es decir, cuando el individuo realiza niveles de entrenamiento ligeramente más alto a los que estaba previamente adaptado.

En realidad este tipo de fatiga es una forma de estimular al organismo para una supercompensación.

1.4.2.3.3. CRÓNICA

Engendrada como resultado de un largo e intenso proceso de entrenamiento que ocasiona un estado permanente de fatiga que lleva al sobreentrenamiento.

Aparece transcurridos varios microciclos en los que la relación entrenamiento o competición y recuperación se va desequilibrando, ocasionando un cuadro sistémico de fatiga que, como siempre, conlleva la caída del rendimiento; este tipo de fatiga siempre es global, pudiendo constituir un cuadro de sobreentrenamiento. Se diferencia de la subaguda, más que en el cuadro de síntomas, en la

duración y gravedad de los mismos y en el tiempo que va a necesitar, el sujeto, para su recuperación.

1.4.3. CAUSAS GENERALES DE LA APARICIÓN DE LA FATIGA

Se pueden enumerar varias causas por las que aparece la fatiga:

- Alimentación deficiente (escasa en hidratos de carbono o proteínas)
- Alteración de los neurotransmisores (Lunteren y Col., 1996).
- Alteración en los centros motores producido por el aumento de la temperatura (Melin y Col., 1988).
- Alteración en la contracción muscular (Favero y Cols., 1995).
- Alteración en el funcionamiento de la membrana celular con consecuencias para el transporte de sustratos y sustancias como el lactato (Brooks, 1991).
- Aumento en las concentraciones de amonio (Fitts, 1994; Favero y Col., 1995).
- Aumento de radicales libres (Fitts, 1994; Favero y Cols., 1995).
- Consumo de tabaco y alcohol
- Descenso del nivel de oxígeno celular, con el consiguiente descenso en la proporción de oxígeno en el músculo.
- Deshidratación: Con la consecuente disminución del volumen plasmático y alteración hidroelectrolítica, disminución de las concentraciones de K⁺ intracelular y acumulación de K⁺ extracelular (Lindinger y Col., 1995; Bangsbo y Col., 1996)
- Disminución de los niveles de ATP y de los de PCr (Sahlin, 1992).
- Disminución del volumen plasmático (Nadel y Col., 1980; Lindinger y Col., 1995).
- Disminución de la excitabilidad muscular (Lehemann y Col., 1995).
- Disminución de la velocidad de relajación del músculo (Westerblad y Col., 1991).
- Disminución de glucógeno.

- Esfuerzos realizados en altitud (cuando aún no se ha habituado el organismo)
- Hipoglucemia (bajo nivel de glucosa en sangre), que favorece más la aparición de fatiga psíquica.
- No dejar recuperar al organismo convenientemente después de un trabajo intenso y prolongado (sobreentrenamiento).
- No reponer las sales minerales perdidas por el ejercicio físico.
- Trastornos del sistema endocrino.
- Trastornos del sistema nervioso.
- Vida poco ordenada (trasnochar, sin dejar al cuerpo que realice un sueño reparador conveniente).

1.4.4. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA FATIGA.

Cuando se realiza un entrenamiento debe tenerse siempre presente que este debe permitir llegar a los objetivos deseados, ya sea una mejora del rendimiento (Powers, 2001; Costill y Cols., 1992) o un correcto desarrollo de una cualidad física. Un exceso de entrenamiento puede provocar sobrecargas o fatiga, las cuales influirán negativamente en el rendimiento.

A la hora de analizar la fatiga que produce el trabajo en un deportista, nos encontramos que no existen métodos tan precisos como los existentes para valorar el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca o cualquier otra variable que condicione nuestro rendimiento.

De esta manera, la fatiga producida la podríamos estudiar de dos formas diferentes, una directa y otra indirecta. La forma indirecta, sería aquella en la que a partir del análisis de variables como la acumulación de lactato en sangre, la frecuencia cardíaca o el consumo máximo de oxígeno, podríamos conocer el nivel de fatiga alcanzado por el deportista. Por el contrario, los métodos directos, serán aquellos que aportan unos valores concretos de fatiga a partir de unos test específicos realizados.

A continuación analizaremos los métodos directos de evaluación de la fatiga (los indirectos ya los hemos analizado en el

capítulo anterior). La percepción subjetiva o las evaluaciones isocinéticas son dos de los test que nos podemos encontrar.

1.4.4.1. PERCEPCIÓN SUBJETIVA

La información sobre el estado de la fatiga del sistema neuromuscular durante una contracción puede analizarse desde un punto subjetivo. Teniendo en cuenta que la percepción subjetiva del esfuerzo lleva cuantificándose desde los años 60, y que a partir de aquí comenzó a utilizarse como método para la regulación de la intensidad del ejercicio físico (Borg, 1970), debemos de considerar esta forma de estudio, como un método eficaz, fiable y repetible para la valoración del ejercido (Mahon y Col., 1992).

La percepción de la fatiga de un ejercicio depende de factores tanto centrales como periféricos (Pandolph y Col., 1973).

La medida subjetiva de la fatiga se realiza mediante una escala gráfica, en la que se distinguen diez estadios equidistantes que van desde el cero (situación de ausencia de fatiga) hasta el diez (situación de agotamiento). Para que el sujeto explorado se identifique con una determinada situación de fatiga se le representa la gráfica y se le explican cuales son las características psicofísicas de cada uno de los escalones progresivos de fatiga, eligiendo el mismo la situación en la que el se encuentra. A continuación y con el fin de ratificar su elección, se realiza un test de actividad que consiste en enfrentar al sujeto a una serie de gráficos diseñados al efecto que deben homologarse y validarse para cada población objeto de estudio; no pueden ser iguales las viñetas presentadas a deportistas de elite, que las presentadas a un grupo de ancianos o a un colectivo de jóvenes. En general deben de responder a situaciones cotidianas que realiza el individuo y que suponga un esfuerzo creciente, desde la situación de inactividad absoluta, valorada con el 1, hasta la de máximo esfuerzo, valorada con el diez. El individuo debe elegir la situación con la que mejor se identifique, que refleja su sensación durante el tiempo de actividad realizada. El nivel de actividad se cuantifica por el número que corresponde a la viñeta elegida, pudiéndose establecer correlaciones con el estado de fatiga subjetiva previamente determinado.

1.4.4.2. EVALUACIÓN ISOCINÉTICA

El concepto de ejercicio isocinético fue ideado por James Perrine y fue introducido en la literatura científica por Hislop y Col. en 1967. El ejercicio isocinético sólo se puede realizar utilizando dinamómetros que permiten ejercer la máxima fuerza (concéntrica o excéntrica) a una velocidad constante y predeterminada. Cuando la velocidad angular de movimiento de un miembro iguala o excede el límite de la velocidad preestablecida, el dinamómetro produce una contrafuerza equilibradora que garantiza una velocidad constante de movimiento al miembro (Hinson y Cols., 1979). De esta manera la resistencia ejercida por el dinamómetro es proporcional a la tensión ejercida por el grupo muscular evaluado.

Los dinamómetros isocinéticos son unos aparatos capaces de medir la fuerza o el momento de fuerza (si se conoce la distancia entre la célula de carga y el eje de rotación del dinamómetro), la velocidad angular y la posición de una parte del Aparato Locomotor en movimiento en un momento determinado. También, se puede obtener el índice de fatiga, la potencia o el trabajo realizado por un grupo muscular. Suelen integrar un sistema mecánico de control de la velocidad (electromecánico, hidráulico o neumático), una célula de carga que controla constantemente el nivel de fuerza aplicado y un sistema computerizado de cálculo y análisis de los datos, lo que permite obtener y analizar con gran rapidez y riqueza de información los registros obtenidos. También tienen un mecanismo de control de velocidad que se acelera a una velocidad predeterminada cuando se aplica una fuerza. Una vez alcanzada esta velocidad (previamente determinada) constante, el mecanismo de carga isocinético se acomoda automáticamente proporcionando una fuerza igual a la realizada por el músculo, pero opuesta (Gleeson y Col., 1996).

Siempre que el eje del dinamómetro permanezca bien alineado con el eje de rotación de la articulación anatómica, el momento de fuerza medido por el dinamómetro se aproximará estrechamente al momento de fuerza de la articulación. Si el sujeto ejerce un esfuerzo máximo a través de todo el rango de movimiento, entonces la resistencia del dinamómetro es una evaluación cuantitativa del rendimiento muscular, usualmente definido como fuerza muscular (Delitto, 1990). Es importante comentar que la velocidad constante de desplazamiento angular no se corresponde con una velocidad

constante de acortamiento muscular; De esta manera el término isocinético se debe de relacionar con el tipo de contracción muscular que acompaña a una velocidad constante de movimiento angular de un miembro, más que con coeficiente lineal constante de acortamiento muscular (Perrin, 1994).

Los dinamómetros isocinéticos, al permitir el estudio fiable de la fuerza, el índice de fatiga (Porter y Cols., 2002), la potencia, o el trabajo desarrollado en un amplio intervalo de velocidades previamente determinadas, suponen una aportación muy importante para el control y seguimiento del deportista. Gracias al dinamómetro isocinético, podremos realizar controles mediante una única contracción muscular o mediante varias contracciones realizadas de forma continua. A continuación en la tabla 6, mostramos algún ejemplo de estudios continuos realizados.

AUTOR	VELOCIDAD
Rossi y Cols. (2006)	60
Ozcakar y Cols. (2003)	60 - 240
Perry-Rana y Col. (2002)	60 - 180 - 300
Kellis y Col. (2001)	60
Ni y Cols. (2001)	60 - 180 - 240
Miller y Col. (2000)	60 - 180 - 300
Kawabata y Cols. (2000)	60 - 180
Pincivero y Col. (1997)	60 - 180
Emery (1994)	60 - 150
Brown y Col. (1992)	60 - 180 - 240 - 300
Bond y Cols. (1988)	60 - 90 - 120 - 150

Tabla 6: Estudios realizados mediante diferentes velocidades (grados/segundo).

En la evaluación isocinética los músculos pueden contraerse a su potencial máximo para todo el alcance cinético de la articulación.

2. OBJETIVOS



2.1. OBJETIVOS GENERALES

1. Determinar el índice de fatiga de la musculatura flexoextensora de la rodilla mediante una evaluación isocinética.
2. Determinar consumos de oxígeno y frecuencia cardíaca en un test de esfuerzo progresivo e incremental y durante la evaluación isocinética analizando las diferencias existentes entre ambos test.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar los valores cineantropométricos del "Oviedo Rugby Club".
2. Determinar mediante evaluación isocinética el trabajo realizado por los jugadores.
3. Valorar las diferencias existentes entre los delanteros y los tres cuartos, en las evaluaciones realizadas.
4. Valorar la influencia que ha tenido el sistema de entrenamiento tanto genérico como específico llevado a cabo a lo largo de la temporada en las dos poblaciones a estudio.

3. MATERIAL Y **MÉTODOS**



3.1. POBLACIÓN

En el estudio participan 19 jugadores de rugby, pertenecientes al Oviedo Rugby Club, militante en la categoría B de la división de honor española. Divididos en dos poblaciones bien diferenciadas, los delanteros y los tres cuartos. La edad media de los deportistas es de 25.05 ± 4.96 años.

Todos los jugadores fueron informados del objetivo del estudio y se obtuvo el consentimiento de cada uno de ellos.

El estudio respetó los principios éticos para las investigaciones médicas con seres humanos de la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial).

El equipo, sigue un régimen de entrenamiento similar en las distintas fases de la temporada, 2 horas y media al día 4-5 días a la semana.

Antes de la realización a los test, todos los jugadores fueron sometidos a un reconocimiento médico deportivo por parte de los médicos de la Escuela de Medicina del Deporte de la Universidad de Oviedo, con el único fin de descartar cualquier patología que contraindicara la evaluación. No fueron aceptados en el estudio aquellos jugadores que durante el periodo de evaluación presentasen lesiones o alguna otra patología que hiciera mermar su rendimiento.

3.2. MATERIAL

3.2.1. MATERIAL CINEANTROPOMÉTRICO

- Estadiómetro (Tallímetro) con contador indicador de 600-2100 mm apoyado en un plano vertical, y un plano horizontal con un cursor deslizante para contactar con el vértex (Psymtec®).

- Báscula para determinar el peso corporal, de 100 gramos de precisión. Pesar a los deportistas con la mínima ropa posible y expresarlo en kilogramos con precisión de 0.1 kg.
- Paquímetro o compás de pequeños diámetros. Compás de corredera graduado (tipo Martín) para medir los diámetros. Longitud de escala, 0–250 mm. Profundidad, 0 – 50 mm. Precisión de 1 mm.
- Calibrador de pliegues cutáneos o plicómetro (Lipómetro): "Tipo Holtain". Aparato para medir panículos adiposos. "Tañer/Whitehouse". Su capacidad de medida es de 0 a 48 mm. Con una precisión de 0.2 mm.; la presión en sus ramas es constante (10 gr./mm²).
- Cinta antropométrica de acero calibrada de 2 m. de longitud y 15 cm. iniciales sin graduación, con una precisión de 1 mm. Su anchura es de 0.5 cm.
- Lápiz demográfico para señalar los puntos anatómicos y marcas de referencia.

Fórmulas que hemos utilizado para calcular la composición corporal:

Para el cálculo del porcentaje de grasa hemos utilizado la propuesta de Yusaiz (1974) basada en la ecuación de Siri (1961). Esta fórmula utiliza la suma de los seis pliegues que posteriormente relacionaremos (Martín y Col., 1991).

$$\% \text{ de grasa} = (\sum 6 \text{ pliegues} * 0.1051) + 2,585$$

El sumatorio de los 6 pliegues (mm.) incluye al pliegue tricipital, subescapular, suprailíaco, abdominal, anterior del muslo y medial de la pierna.

El peso graso se determina del siguiente modo:

$$\text{Peso graso} = (\% \text{ grasa} * \text{peso corporal total} / 100)$$

Peso libre de grasa:

$$\text{Peso libre de grasa} = \text{Peso total} - \text{Peso graso}$$

Para el cálculo del peso óseo nos servimos de la formula de Von Döblen (1964), modificada por Rocha (1975):

$$\text{Peso óseo (Kg.)} = 3,02 * (\text{talla}^2 * \text{diámetro biestiloideo} * \text{diámetro bicondileo femoral} * 400)^{0.712}$$

El peso residual se determina mediante las constantes propuestas por Würch (1974):

$$\text{Peso residual (kg.)} = \text{Peso total} * 0.241$$

El peso muscular lo hemos determinado siguiendo a De Rose y Guimaraes (1980, 1984), siendo conocidos el peso graso, óseo, residual y total:

$$\text{Peso muscular (kg.)} = \text{Peso total} - (\text{Peso graso} + \text{Peso óseo} + \text{Peso residual})$$

Fórmulas que hemos utilizado para calcular el somatotipo:

El método utilizado para el cálculo del somatotipo ha sido realizado mediante las fórmulas propuestas por Carter (Esperanza Ros, 1993), que describiremos seguidamente:

Endomorfia: se refiere a la cantidad relativa de grasa, existiendo un predominio de la obesidad.

$$\text{Endomorfia} = -0,7182 + 0,1451 (x) - 0,00068 (x^2) + 0,0000014 (x^3)$$

X = Sumatorio de los pliegues cutáneos de tríceps, subescapular y suprailíaco.

Actualmente Carter sugiere corregir esta medida a través de la proporcionalidad para poder comparar más libremente individuos de estaturas distintas. Ésto se hace a través de la siguiente ecuación:

$$Ec = E * (170,18 / h)$$

Ec : Ectoderma corregido.

E : Endomorfo hallado en la fórmula.

H : Estatura del individuo estudiado.

Mesomorfia: se refiere al desarrollo relativo músculo-esquelético.

$$\text{Mesomorfia} = 0,858 (U) + 0,601 (F) + 0,188 (B) + 0,161 (P) - 0,131 (H) + 4,5$$

U : Diámetro biepicondíleo de humero.

B : Perímetro corregido del brazo.

H : Estatura del individuo.

F : Diámetro biepicondíleo de fémur.

P : Perímetro corregido de la pierna.

Las correcciones son propuestas para excluir el tejido adiposo de la masa muscular. Son realizadas restando al valor en cm. de los correspondientes pliegues cutáneos.

$$\begin{aligned} \text{PCB} &= \text{PB} - (\text{DT} / 10) \\ \text{PCP} &= \text{PP} - (\text{DP} / 10) \end{aligned}$$

PCB: *Perímetro corregido de brazo.*
 DT: *Pliegue cutáneo del tríceps.*
 pierna.

PB: *Perímetro medido del brazo.*
 PCP: *Perímetro corregido de la*

PP: *Perímetro medido en la pierna.*

DP: *Pliegue cutáneo de la pierna.*

Ectomorfia: se refiere a la relativa linealidad, al predominio de medidas longitudinales sobre las transversales.

Existen dos alternativas posibles para su cálculo, el índice ponderal (IP) indica la ecuación a ser utilizada.

$$\text{IP} = \text{Estatura} / \sqrt[3]{\text{peso}}$$

Si IP es > 40,75. Entonces Ectomorfia ($\text{IP} * 0,732$) – 28,58

Si IP es < 40,75 y > 38,28. Entonces Ectomorfia ($\text{IP} * 0,463$) – 17,63

Si IP es ≤ 38,28. Entonces Ectomorfia = Se asigna el valor mínimo que será de 0,1

Todos los valores hallados en estas fórmulas se expresan usando el sistema métrico decimal. La ecuación del endomorfismo es una ecuación de tercer grado, mientras que para el mesomorfo y ectomorfo son ecuaciones lineales.

Si algún valor es negativo o cero automáticamente se convierte en 0,1; ya que por definición en estos cálculos no puede haber valores negativos ni iguales a cero.

3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL REGISTRADOR DE FRECUENCIA CARDIACA (PULSÓMETRO)

Para calcular la frecuencia cardiaca hemos utilizado el Polar Accurex Plus, esta dotado de un transmisor inalámbrico codificado para evitar cruces de líneas. De esta manera, mediante el interfaz

para el PC, podemos estar visualizando el pulso del deportista en el momento de la realización de la prueba, junto con los datos enviados por el analizador de gases VO₂₀₀₀ Med. Graphics Metabolic Analysis System, sin que exista ningún tipo de interferencia en la señal.

3.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL ANALIZADOR DE GASES

Para la valoración de los gases respiratorios espirados utilizamos un novedoso sistema portátil de análisis de gases VO₂₀₀₀ (Med. Graphics Metabolic Analysis System) (Figura 29). Este es un sistema computerizado que mide mediante integración de la señal de flujo procedente de un neumotacógrafo, registrando los valores del VO₂ (ml./kg./min.). Además también se caracteriza por una gran versatilidad, comodidad, fácil utilización y exactitud.

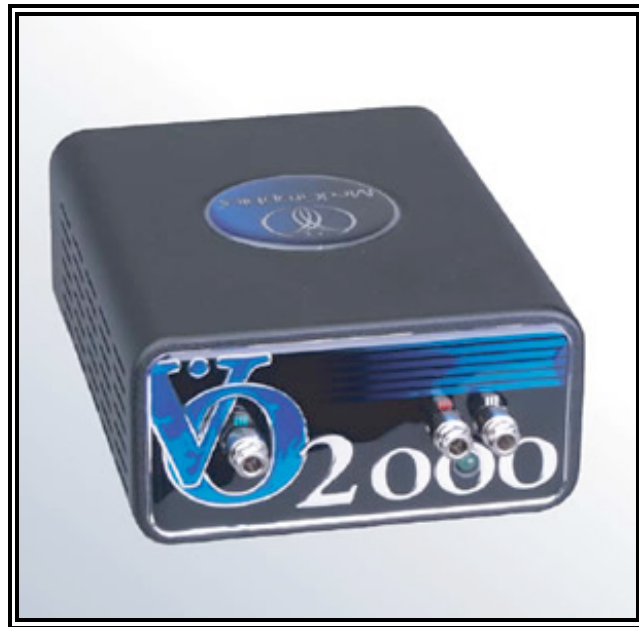


Figura 29: VO₂₀₀₀ Portable Metabolic Analysis System.

3.2.3.1. ESPECIFICACIONES

- Innovaciones tecnológicas:
 - Único manos libres con sistema de calibración sin agujas o gases.
 - Muestras continuas no sensibles a artefactos de presión o temperatura.
 - Máscara que da confortabilidad y adaptabilidad con poco aparataje (Figura. 30).
 - Sistema telemétrico que permite evaluar el metabolismo propio de una actividad física en situaciones reales.
 - Estudio de la frecuencia cardiaca del deportista.
- Peso: 740 gramos.
- Dimensiones:
 - Anchura: 10.5 cm.
 - Profundidad: 14 cm.
 - Altura: 5 cm.
- Operaciones:
 - Rango de fluido: 50cc/min.
 - Pico máximo: 150 Hz.
 - Tiempo de autocalibración: < 55 segundos.
- Medidas de volumen:
 - PreVent Pneumotach.
 - Tuvo bidireccional.



Figura 30:
Aparataje.

- Datos y almacenaje:
 - Los datos son transmitidos en cada intervalo respiratorio, siendo almacenados en intervalos concretos de tiempo.
 - El rango de respiraciones analizadas puede ser de 3, 6 o 9.
 - El tiempo analizado puede ser de 10, 20, 40, 50 o 60.
- Recibidor telemétrico:
 - Tipo: bidireccional de 2.4 GHz digital.
 - Interface: RS232
- Rango de medida del corazón:
 - 5 volt logic TTL input & Polar CIC Interface.
- Respuesta del sistema:
 - < 9 segundos.
 - Por término medio tres respiraciones.
- Potencia que requiere: 12V DC @ 650mA (Pico).
- Especificaciones medioambientales:
 - Rango de operatividad: 0-30 °C
 - Rango de humedad: 0-98% sin condensación.
 - Condiciones de la muestra: de seco a saturado.
- Características del software:
 - Diseñador de informes.
 - Diseñador de texto.
 - Usos múltiples.
 - Bases de datos para dudas.
 - Consulta de resultados.

- Descripción de ejercicios.
 - Seguridad HIPAA.
 - Rango mínimo de flujo: 2-30 L/Min.
 - Rango de ejercicio: 20-200+ L/Min.
 - Exactitud: $\pm 3\%$ del volumen absoluto.
- Analizador de O₂:
 - Tipo: Galvanic Fuel Cell.
 - Baremo: 0-96%
 - Exactitud: $\pm 1\%$
 - Analizador de CO₂:
 - Tipo: Non dispersive Infrared.
 - Baremo: 0-10%
 - Exactitud: $\pm 2\%$

3.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL DINAMÓMETRO ISOCINÉTICO

El dinamómetro isocinético que hemos utilizado para el desarrollo de la evaluación es el Kin-Com (Chattanooga Group, Inc).

Todos los dinamómetros isocinéticos están basados en el principio de que el brazo de palanca se mueve a una velocidad angular programada. Los elementos básicos del dinamómetro (Kin-Com) son los siguientes (Figura 31):



Figura 31: Elementos básicos del Kin-Com.

3.2.4.1. UNIDAD DE ACEPTACIÓN DE FUERZA

Es la conexión entre el sujeto y el sistema. Consiste en un dispositivo metálico conectado al brazo de palanca por medio de la celda de carga. La unidad se puede ajustar individualmente a lo largo del brazo de palanca.

El brazo de palanca proporciona la base para la unidad de aceptación de fuerza y se mueve radicalmente alrededor de un eje.

La celda de carga es el punto de medida y referencia del parámetro fuerza; convierte la señal de fuerza en una señal eléctrica. Se usa para indicar el sentido y cantidad de fuerza aplicada por el sujeto. Puede medir con seguridad desde 1 a 2000 N de fuerza aplicada en cada sentido. Tiene una sensibilidad de 1 N.

3.2.4.2. CABEZA DEL DINAMÓMETRO

Esta formada por:

- Motor responsable del movimiento del brazo de palanca. Este motor puede hacerlo tanto en forma concéntrica como excéntrica. En la primera, el motor resiste una fuerza activa que se desplaza, mientras que en la última, el motor y el segmento corporal tiran en dirección opuesta.
- Tacómetro: es el punto de medida y referencia para el parámetro velocidad. Se usa para medir con seguridad la velocidad rotacional del motor. La velocidad del brazo permitida por el programa es de 1º a 300º/seg.
- Potenciómetro: es el punto de medida y referencia para el parámetro ángulo. Mide la posición exacta del brazo del motor en cualquier momento durante el ejercicio.

Dependiendo de la posición seleccionada para el sujeto, la cabeza del dinamómetro puede moverse automáticamente, por medio de un interruptor de posición de la cabeza, hacia arriba o abajo y hacia delante o atrás. La orientación de la cabeza se hace manualmente para movimientos en otros planos además del vertical. Permite inclinar la cabeza hacia arriba o abajo y rotarla hacia la izquierda o derecha (Figura 32).

Existen dos topes mecánicos para ajustar el rango de movimiento a los grados requeridos.

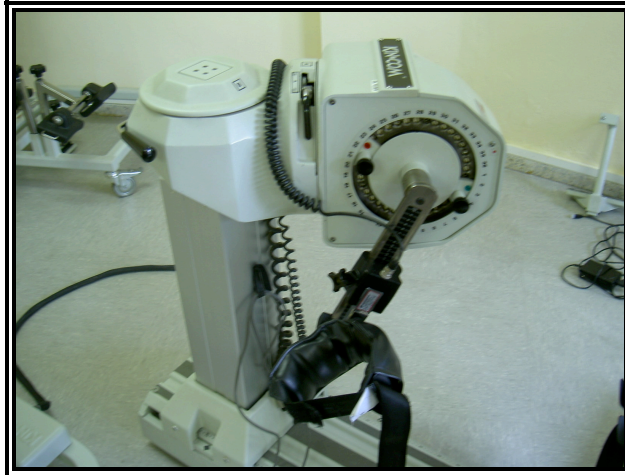


Figura 32: Cabeza del dinamómetro.

3.2.4.3. AUTOPOSICIONAMIENTO AUTOMÁTICO

Es donde se coloca el sujeto para realizar la mayoría de las pruebas (Figura 33). Tiene una estructura estable y opciones de alineación independientes:

- Rotación.
- Vertical u horizontal.
- Hacia delante o atrás.
- Hacia arriba o abajo.

También puede moverse, al igual que la cabeza, por medio de un interruptor de posición del asiento, hacia derecha o izquierda.



Figura 33: Autoposicionamiento y cabeza del dinamómetro.

3.2.4.4. UNIDAD DE CONTROL

Consiste en un ordenador personal y su equipo periférico adecuado. El modo de operación y otros parámetros son introducidos en el teclado o presionando en la pantalla táctil (Figura 34). El mismo ordenador es también responsable del procesamiento de datos.



Figura 34: Unidad de control.

Los componentes citados operan juntos para asegurar que un sistema moverá la articulación a través de un rango de movimiento con una velocidad constante. En esta aplicación, los sensores de información, que consisten en un potenciómetro y un tacómetro, generan señales proporcionales a la velocidad del brazo impulsor.

En el caso de la velocidad constante, o ejercicio isocinético, el tacómetro medirá la velocidad y la comparará a la velocidad programada. Si hay una diferencia, la maquina parará y se visualizará un mensaje de error. El tacómetro también se compara matemáticamente con la posición leída por el potenciómetro. Aquí también, si existe una discrepancia, la maquina se parará.

Todas las medidas y correcciones tienen lugar en 100 mseg. o a una frecuencia de 100 veces/seg. En el momento en que una fuerza excesiva (mayor de 2000 N) se presenta a la celda de carga, o si tiene lugar una frecuencia mayor de 600 N/10 mseg., el dinamómetro se parará y se visualizará "Error de fuerza".

La opción de la cual nos valdremos para obtener los datos de cada evaluación, será la de reports o resultados. En el apartado de métodos continuos.

Método continuo (Continuous): Los datos recogidos en este método se exhiben en un formato basado en el tiempo. Se trata de una prueba de duración predefinida, en la que obtenemos los resultados y gráficos específicos de la capacidad de producir fuerza a lo largo del tiempo.

Más concretamente, el método continuo nos aportara los siguientes datos:

- Peak torque (Momento máximo de fuerza).
- Fatigue index (Índice de fatiga).
- Mean peak force (Media del pico de fuerza).
- CV peak force (Coeficientes de variación de los picos de fuerza).
- Total work (Trabajo total).
- Power (Potencia).

De ellos tendremos en cuenta el índice de fatiga y el trabajo realizado.

3.2.4.4.1. ÍNDICE DE FATIGA (Fatigue index)

El dinamómetro realiza la evaluación del índice de fatiga teniendo en cuenta una relación entre el momento de fuerza inicial y el final.

De esta manera, se establecen dos puntos de relación, que se unen formando una línea que se denomina LSBF (least - squares best fit). La fórmula utilizada para establecer el índice de fatiga es la siguiente.

- Momento inicial: Momento evaluado donde la línea LSBF intersecciona en el tiempo cero.
- Momento final: Momento evaluado cuando la línea LSBF intersecciona con el final del test.

$$\text{Índice de fatiga} = (\text{Momento final} / \text{Momento inicial}) * 100$$

Los resultados aportados por el dinamómetro isocinético en relación con la fatiga, están comprendidos entre el cero y el cien por ciento, equivaliendo cero a una fatiga total y cien por cien a una fatiga inexistente. Con el fin de favorecer el análisis, hemos realizado la inversa de los datos obtenidos, asignando el cero por cien a la inexistencia de fatiga y el cien por cien a la máxima fatiga.

3.2.4.4.2. TRABAJO TOTAL (Total work)

La computadora calcula el trabajo realizado a lo largo de toda la prueba. Siendo el trabajo la fuerza realizada en la prueba dividida por la distancia, en este caso la longitud del brazo de palanca.

3.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL TAPIZ RODANTE Y ENTORNO

3.2.5.1. ESPECIFICACIONES

- Tapiz rodante modelo:
Erich Jaeger, LE 2000.
- Sistema de engrase y centrado de la banda:
Automáticos.
- Paro de emergencia:
Manual.
- Tipo de banda:
Low Impact antiestática.
- Velocidad:
Comprendida entre los 0-20 km/h.
- Funcionamiento:
Manual.
- Alimentación monofásica:
220V 50Hz 10^a.

- Área útil de la banda:

140 x 45 cm.

- Dimensiones:

202 x 71 x 113 cm.

Ruedas delanteras para su desplazamiento.

La prueba es realizada por personal médico especializado en una habitación espaciosa y aireada, con una temperatura, humedad, etc. estables, para evitar los riesgos de artefactar resultados por la acción que ejerce sobre el sistema cardiovascular (Alijarde y Cols., 1996)

3.3. PROTOCOLO

El protocolo desarrollado, podríamos dividirlo en tres partes.

- Reconocimiento médico, en el que además se les realizó un estudio cineantropométrico y una prueba de esfuerzo en tapiz rodante mediante el test de Conconi (1982), con el fin de obtener el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca máxima.
- En segundo lugar, se les hizo un test isocinético de la musculatura flexoextensora de la articulación de ambas rodillas a la vez que mediante el analizador portátil de gases y el pulsómetro, se les registraba el VO_2 (ml./kg./min.) y la frecuencia cardíaca.
- En tercer y último lugar, se les repitió el test isocinético y el registro del VO_2 .

Los dos últimos apartados, fueron efectuados en dos periodos concretos de la temporada, periodo competitivo I (octubre) y periodo

competitivo II (marzo) (ver planificación). El primer apartado se realizó únicamente en el periodo competitivo I.

3.3.1. ESTUDIO CINEANTROPOMÉTRICO

Minutos antes a la realización de la evaluación dinamométrica, los jugadores fueron sometidos a un estudio cineantropométrico. El estudio fue realizado en una sala de reconocimientos de la Escuela de Medicina del Deporte de la Universidad de Oviedo. Los parámetros analizados fueron los siguientes (López-Silvarrey y Col., 1996).

3.3.1.1. TALLA

Utilizando un estadiómetro, midiendo la distancia desde el vértex a la planta de los pies del individuo. El valor de los datos se expresa en centímetros, con precisión de 0.1 cm.

Vértex: Punto superior más elevado de la cabeza en el plano mediosagital, cuando la cabeza esta en el plano de Frankfort.

El plano de Frankfort es la línea imaginaria que une el borde inferior de la órbita y el trago (localizado en el borde superior del conducto auditivo externo). Esta línea es paralela a la base o suelo y por tanto perpendicular al eje axial longitudinal del cuerpo.

3.3.1.2. PESO

El valor de los datos se expresa en kilogramos y se realiza en una báscula convencional. La posición será erguida y sin apoyos de ningún tipo.

3.3.1.3. PLIEGUES CUTÁNEOS

Han sido utilizados para valorar la cantidad de tejido adiposo subcutáneo. Para ello hemos medido los pliegues Tricipital, Subescapular, Suprailíaco, Abdominal, Anterior del muslo y Medial de

la pierna. Todos ellos fueron medidos en la parte derecha del cuerpo de los deportistas. Para la realización de las medidas, se utilizó un calibrador de pliegues cutáneos (Lipómetro).

- Pliegue Tricipital: Se encuentra situado en el punto medio de la distancia acromio – radial, en la parte posterior del brazo. Es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo, estando éste relajado.
- Pliegue subescapular: Se toma en el ángulo inferior de la escápula, con una aplicación de 45° respecto a la horizontal, oblicuamente hacia abajo y afuera. Los brazos estarán relajados a lo largo del cuerpo.
- Pliegue supraespinal o suprailíaco: A dos traveses de dedo por dentro de la espina iliaca anterosuperior, paralelo al pliegue inguinal. El sujeto está de pie con brazos relajados a lo largo del cuerpo.
- Pliegue abdominal: pliegue vertical, tomado en la parte anterior del abdomen a nivel del ombligo, pero desplazándose 5 cm. hacia el lado derecho.
- Pliegue anterior del muslo: Pliegue longitudinal y paralelo al eje del fémur, tomado en la parte anterior del muslo en el punto medio de la distancia entre el borde superior de la rótula y el pliegue inguinal. La posición del sujeto es correcta cuando mantiene su extremidad inferior con la rodilla en una flexión de 90°.
- Pliegue medial de la pierna: Pliegue vertical y paralelo al eje de la pierna, tomado en el borde medial o interno de la pierna a nivel de su máxima circunferencia.

3.3.1.4. DIÁMETROS

Bicondíleo femoral, biestiloideo y bicondíleo del húmero. Se realizó utilizando un paquímetro.

- **Diámetro bicondíleo femoral:** Distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El sujeto estará sentado con las caderas, rodillas y tobillos en 90° de flexión. El antropometrista se encuentra de pie frente al sujeto y las ramas del paquímetro se colocan ligeramente hacia abajo, en la bisectriz del ángulo recto formado al nivel de la rodilla.
- **Diámetro biestiloideo:** Distancia entre la apófisis estiloides del radio y cubito. El sujeto se coloca de pie con el brazo colgando en ambos lados del tronco, el antebrazo en pronación y flexionado 90° y la mano en flexión. Las puntas del paquímetro se dirigen hacia abajo en la bisectriz del ángulo de la muñeca. El antropometrista se encuentra frente al sujeto.
- **Diámetro bicondíleo del húmero:** Distancia entre epicóndilo interno y externo del húmero. Para ello el sujeto debe colocar el brazo derecho en anteversión hasta la horizontal y a su vez el antebrazo flexionado formando un ángulo de 90° con el brazo. Los extremos del paquímetro deben apoyarse en ambos epicóndilos mediante los dedos medios de ambas manos y todo él debe estar inclinado siguiendo el plano bisector del ángulo recto entre brazo y antebrazo.

3.3.1.5. PERÍMETROS

- **Brazo contraído:** Flexión máxima de antebrazo en la posición de brazo paralelo al suelo y antebrazo a 90°, con la mano cerrada y con el apoyo sobre la muñeca de la mano contralateral. La contracción debe ser isométrica. Se toma el mayor perímetro tras dos o tres mediciones.
- **Pierna:** Sujeto en bipedestación y con los pies separados a la altura de ambos hombros, perímetro a nivel de la distancia media entre los puntos de referencia trocántereo y tibial lateral.

3.3.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS VENTILATORIOS Y DE LA FRECUENCIA CARDIACA

Protocolo a seguir en el test de esfuerzo y en las pruebas isocinéticas.

A la hora de realizar la evaluación tanto de la frecuencia cardiaca como de los parámetros ventilatorios, debemos de tener en cuenta los siguientes factores:

3.3.2.1. CALENTAMIENTO DEL ANALIZADOR

El analizador debe de ponerse en funcionamiento por lo menos media hora antes de que se comience a utilizar.

3.3.2.2. ADAPTACIÓN DE LA MÁSCARA

La máscara se adaptará a la cabeza del sujeto evaluado mediante dos tiras extensibles que se unen mediante velcro, una se situará en la zona parietal de la cabeza y la otra en la zona occipital.

3.3.2.3. ADAPTACIÓN DE LA CINTA POLAR (Frecuencia cardiaca)

La cinta del Polar, se adaptará en el pectoral del sujeto, en la parte inferior del esternón.

3.3.2.4. CONEXIÓN DE LA MÁSCARA AL ANALIZADOR

Una vez adaptada a la cabeza, uniremos la máscara al analizador mediante un tubo bidireccional por el cual fluirán los gases emanados de la exhalación del sujeto evaluado.

3.3.2.5. CONEXIÓN DEL POLAR AL ANALIZADOR

El analizador posee un sistema inalámbrico que realiza una lectura continua de la frecuencia cardiaca del sujeto evaluado.

3.3.2.6. FAMILIARIZACIÓN Y CALENTAMIENTO

El calentamiento específico realizado tanto en el test de esfuerzo como el isocinético se realizará con el analizador portátil (VO₂₀₀₀) y el analizador de la frecuencia cardiaca (Polar Accurex plus) adaptados al sujeto con el fin de lograr una buena familiarización con el material.

3.3.2.7. COMIENZO DE LA EVALUACIÓN

El almacenamiento de datos para su posterior análisis comenzará en el mismo momento en el que comience el test de esfuerzo o la evaluación isocinética.

3.3.3. EVALUACIÓN DINAMOMÉTRICA (ISOCINÉTICA)

Protocolo a seguir en las evaluaciones isocinéticas.

A la hora de realizar la evaluación debemos de tener en cuenta los siguientes factores:

3.3.3.1. POSICIÓN, ESTABILIZACIÓN Y ALINEAMIENTO

La posición en la que se realizaron las evaluaciones fue estandarizada con el fin de reducir al mínimo la variabilidad de los resultados. Los deportistas a evaluar eran colocados en el dinamómetro de manera que el grupo muscular motivo de estudio sufriera las menores interferencias posibles de otros grupos musculares adyacentes. A tal efecto, el dinamómetro dispone de sistemas de sujeción que pueden ser aplicados al tronco o a las extremidades (Weir y Cols., 1996). La evaluación isocinética

generalmente se efectúa siguiendo los planos cardinales del cuerpo, para facilitar el movimiento en estos planos, el eje de rotación de la articulación evaluada deberá alinearse perfectamente con el eje de rotación del dinamómetro (alineación de ejes). Para determinar la longitud de palanca, hemos colocado la resistencia del dinamómetro a una distancia del cóndilo externo del fémur del 65% de la longitud de la pierna (medida desde el cóndilo externo del fémur hasta el maléolo externo). La articulación objeto de evaluación debe de ser alineada con el eje de rotación del dinamómetro, y el miembro que se evalúa se une al brazo de palanca del dinamómetro isocinético. Cuando el eje de la articulación esta bien alineado con el eje del dinamómetro las variaciones en el brazo de palanca no deberían de afectar a la medición del momento de fuerza de forma significativa, pero pueden existir algunas variaciones (Otis y Col., 1986), por lo que se debe de estandarizar la longitud del brazo de palanca para todas las evaluaciones. En el presente estudio todas las evaluaciones fueron realizadas con los deportistas sentados con una flexión de cadera de 87°. Dado que eran evaluados los músculos flexores y extensores de ambas rodillas, se protocolizó que la primera evaluación se efectuara en la rodilla derecha.

3.3.3.2. CORRECCIÓN DE LA GRAVEDAD

La acción de la gravedad influye en el resultado final de los test realizados en algunas articulaciones. De esta manera y para hacer que el protocolo sea estándar debemos de tener en cuenta el peso del miembro evaluado, ya que la articulación (de la rodilla) esta sometida al efecto de la gravedad. La corrección de la gravedad tiende a reducir la fuerza de los músculos isquiotibiales y a aumentar la de los cuádriceps, con lo que los coeficientes entre ambos grupos musculares en evaluación si no se efectuara la corrección serian superiores. El dinamómetro Kin-Com, realiza dicha corrección.

3.3.3.3. VELOCIDAD DE EVALUACIÓN

Las evaluaciones, tanto concéntricas de isquiotibiales, como las concéntricas de cuádriceps, se realizaran a una velocidad de 60°/seg.

3.3.3.4. RANGO DE MOVIMIENTO

Desde 5° a 85°, siendo 0° la extensión máxima de la rodilla.

3.3.3.5. PRECARGA

Se ha establecido como el peso del miembro inferior evaluado más un 10%.

3.3.3.6. ORDEN DE EVALUACIÓN

Primero evaluaremos concéntrico de isquiotibiales y a continuación concéntrico de cuádriceps.

3.3.3.7. EXPLICACIÓN DE LA PRUEBA

La prueba a realizar la podemos dividir en tres periodos:

- Primero, será el destinado al calentamiento general realizado por el propio deportista.
- El segundo, será el calentamiento específico o adaptación al dinamómetro (calentamiento específico), para ello realizará contracciones submáximas con el fin de tomar conciencia del gesto. A continuación, previo a la evaluación, existirá un periodo de 2 minutos de recuperación (Froese y Col., 1985).
- Y por último, la evaluación propiamente dicha. La cual consiste en ejercer fuerza máxima en contracciones concéntricas de isquiotibiales y de cuádriceps de forma continua y alternativa, primero será evaluada la rodilla derecha y a continuación la rodilla izquierda. Entre la evaluación de la pierna derecha y la izquierda habrá un minuto de intervalo (recuperación).

3.3.3.8. FAMILIARIZACIÓN Y CALENTAMIENTO

Realización de un calentamiento general de 15 minutos en la pista de atletismo. A continuación un calentamiento específico en el dinamómetro, que se realizará efectuando diez repeticiones submáximas de forma continua.

3.3.3.9. NÚMERO DE REPETICIONES EN LA PRUEBA

Cada evaluación consistirá en veinte repeticiones máximas sin descanso entre ellas.

3.3.3.10. ESTÍMULO VERBAL

La realización de una evaluación de este tipo, conlleva un gran esfuerzo tanto físico como mental para el deportista. Mantener la fuerza máxima durante veinte contracciones resulta muy complicado. Para ello, a lo largo de la evaluación se le va aportando estímulos e información de la ejecución al sujeto.

3.3.3.11. INFORMACIÓN VISUAL

El monitor del dinamómetro, va mostrando a lo largo de la prueba:

- Gráfica de la curva realizada por la fuerza ejercida.
- Marcador numérico de la fuerza realizada a lo largo de la contracción.
- Marcador gráfico del número de contracciones que falta para finalizar la evaluación.

Se ha visto que la observación sobre la pantalla de las curvas de desarrollo de la fuerza incrementa el trabajo durante las contracciones voluntarias máximas, fundamentalmente a bajas velocidades de evaluación (Baltzopoulos y Cols., 1991).

3.3.3.12. NÚMERO DE EVALUACIONES A REALIZAR

En este estudio (estudio longitudinal), se han realizado dos evaluaciones isocinéticas a lo largo de la temporada con el fin de analizar el sistema de entrenamiento llevado a cabo (Sale y Col., 1981). La primera, en pleno periodo competitivo I y la segunda, en el periodo competitivo II.

3.3.3.13. CALIBRACIÓN DEL DINAMÓMETRO

Para evitar los errores producidos por los desajustes en el dinamómetro isocinético es necesario realizar calibraciones del equipo utilizando pesas conocidas. Aunque existen autores que recomiendan realizar una calibración antes de cada evaluación, en nuestro caso, la estabilidad del dinamómetro nos llevó a realizar calibraciones de control cada dos evaluaciones ya que nunca hemos detectado desajustes significativos.

3.3.5. PRUEBA DE ESFUERZO.

La prueba realizada es un Test de Conconi (1982) en tapiz rodante.

El test esta dividido en cuatro fases:

3.3.5.1. CALENTAMIENTO GENÉRICO

Realizado por el propio deportista en la pista de atletismo, con una duración de entre 10 y 15 minutos.

3.3.5.2. CALENTAMIENTO ESPECÍFICO O FAMILIARIZACIÓN CON EL TAPIZ RODANTE

Carrera continua en el tapiz rodante a un ritmo de 6 Km./h. durante 2 minutos.

3.3.5.3. RECUPERACIÓN

Entre el calentamiento específico y el desarrollo de la prueba habrá tres minutos de descanso.

3.3.5.4. DESARROLLO DE LA PRUEBA

El test se inicia a una velocidad de 5 km./h, y una pendiente de 5°. Cada minuto se incrementa la velocidad en 1 km./h hasta llegar a los 15 km./h, momento en el cual en vez de aumentarse la velocidad se aumenta la pendiente en un grado cada minuto. Esto, se realiza hasta la fatiga total.

3.4. RECOGIDA DE DATOS

Los datos obtenidos mediante el material expuesto en este apartado han sido:

- Material cineantropométrico:
 - Peso.
 - Talla.
 - Pliegues cutáneos.
 - Diámetros.
 - Perímetros.
- Dinamómetro isocinético:
 - Índice de fatiga.
 - Trabajo muscular.
- Registrador de frecuencia cardíaca:
 - Frecuencia cardíaca inicial.

- Frecuencia cardíaca final.
- Porcentaje de aumento producido entre la frecuencia cardíaca inicial y la final:

$$PC = [(FcF - FcO) / FcO] / 100$$

PC: *Porcentaje de aumento entre la frecuencia cardíaca inicial y final.*

FcF: *Frecuencia cardíaca final.*

FcO: *Frecuencia cardíaca inicial.*

- Analizador de gases:

- . Test de esfuerzo:

- Consumo máximo de oxígeno.

- . Test isocinético:

- Consumo de oxígeno inicial.
 - Consumo de oxígeno final.
 - Porcentaje de aumento producido entre el consumo de oxígeno inicial y final:

$$PC = [(VO_2F - VO_2O) / VO_2O] / 100$$

PC: *Porcentaje de aumento entre consumo de oxígeno inicial y final.*

VO₂F: *Frecuencia cardíaca final.*

VO₂O: *Frecuencia cardíaca inicial.*

3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO

En el análisis estadístico de los datos, hemos utilizado los siguientes test no paramétricos:

- Diferencias entre dos poblaciones: Mann-Whitney (dos muestras independientes).
- Diferencias entre izquierda y derecha: Wilcoxon (dos muestras dependientes).

Las diferencias encontradas se aceptaron como estadísticamente significativas cuando $p \leq 0.05$.

4. RESULTADOS



A la hora de analizar los resultados se han diferenciado cuatro apartados concretos:

- Características cineantropométricas.
- Índice de fatiga y trabajo muscular.
- Frecuencia cardiaca.
- Consumo de oxígeno.

A su vez, se tendrá en cuenta a la hora de analizarlos las diferencias existentes entre:

- Poblaciones ("Delanteros" y "Tres cuartos").
- Primera y segunda evaluación.
- Rodilla Izquierda y derecha.
- Músculos Isquiotibiales y cuádriceps.

4.1. CARACTERÍSTICAS CINEANTROPOMÉTRICAS

4.1.1. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES

4.1.1.1. PESO TOTAL Y TALLA

Los valores de peso y la talla, se pueden observar en la tabla 7 que son superiores en ambos casos en los delanteros, apareciendo diferencias estadísticamente significativas en todos los casos.

Tabla 7: Peso y talla: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
		M	DS	M	DS	
PESO	1	101.38	16.78	78.00	7.56	0.001
	2	98.76	13.51	76.50	7.87	0.001
TALLA	1	183.76	5.67	172.50	4.76	0.001
	2	183.76	5.67	172.50	4.76	0.001

M: *Media.*DS: *Desviación estándar.*1: *Primera evaluación.*2: *Segunda evaluación.***4.1.1.2. PLIEGUES CUTÁNEOS**

Analizando los datos existentes en la tabla 8, se puede observar como los valores obtenidos por los "Delanteros" son superiores en todos los casos a los obtenidos por los "Tres cuartos" tanto en la primera como en la segunda evaluación. Las diferencias estadísticamente significativas aparecen en la segunda evaluación del pliegue Tricipital ($p = 0.017$); en el resto de los casos no existen tales diferencias.

Tabla 8: Pliegues cutáneos: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
		M	DS	M	DS	
TRICIPITAL	1	16.19	7.22	9.30	2.46	0.017
	2	13.90	5.71	7.96	2.87	
SUBESCAPULAR	1	17.35	7.605	11.68	3.34	
	2	15.49	6.34	12.07	3.64	
SUPRAILIACO	1	20.65	11.05	16.38	2.53	
	2	18.09	9.74	11.93	3.97	
ABDOMINAL	1	25.66	9.52	18.60	5.62	
	2	22.34	8.82	16.37	3.30	
MUSLO	1	20.56	7.81	14.13	4.43	
	2	16.86	5.64	12.75	4.21	
PIERNA	1	15.21	6.00	11.75	4.51	
	2	12.83	2.67	9.03	2.35	

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.1.1.3. PERÍMETROS

Los perímetros al igual que los pliegues (Tabla 9), son superiores en los delanteros en todos los casos, existiendo diferencias estadísticamente significativas tanto en el brazo como en la pierna. En el primer caso (el brazo) estas diferencias únicamente aparecen en la primera evaluación ($p = 0.017$), por el contrario en el caso de la rodilla, las diferencias se observan tanto en la primera ($p = 0.002$) como en la segunda evaluación ($p = 0.003$).

Tabla 9: Perímetros: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
		M	DS	M	DS	
BRAZO	1	36.45	2.18	32.50	3.16	0.017
	2	35.44	1.93	32.85	2.99	
PIERNA	1	43.04	2.44	38.67	2.04	0.002
	2	42.26	5.20	37.80	4.26	0.003

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.1.1.4. DIÁMETROS

Los tres diámetros estudiados (muñeca, húmero y femoral) aportan unos datos superiores de los "Delanteros" (Tabla 10), existiendo diferencias estadísticamente significativas en todos los casos ya que los valores se mantiene de una evaluación a otra.

Tabla 10: Diámetros: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
		M	DS	M	DS	
MUÑECA	1	5.66	0.39	5.11	0.56	0.046
HÚMERO	1	7.08	0.69	6.34	0.70	0.046
FEMORAL	1	10.11	0.83	9.48	0.32	0.046

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.1.1.5. SOMATOTIPO

En el caso del somatotipo (Tabla 11), los datos de la endomorfia y de la mesomorfia presentan unos resultados inferiores en los "Tres cuartos", sin existir diferencia estadísticamente significativa. Por el contrario, en la ectomorfia, los "Tres cuartos" poseen unos valores superiores a los "Delanteros". En este caso tampoco se aprecian diferencias entre los dos grupos de deportistas.

Tabla 11: Somatotipo: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
		M	DS	M	DS	
ENDOMORFIA	1	4.82	1.77	3.77	0.18	
	2	4.32	1.49	3.22	0.46	
MESOMORFIA	1	5.79	1.24	4.96	1.03	
	2	5.55	1.37	4.96	1.08	
ECTOMORFIA	1	0.88	0.75	1.11	0.32	
	2	0.98	0.81	1.28	0.42	

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.1.1.6. PESO Y PORCENTAJE DE GRASA

En la tabla 12, se puede observar como los pesos graso, óseo y muscular de los "Delanteros" tanto en la primera evaluación como en la segunda son superiores a los de los "Tres cuartos", apareciendo diferencias estadísticamente significativas en la primera y segunda evaluación en todos los casos.

En el caso del porcentaje de grasa, los valores obtenidos muestran que los "Delanteros" poseen un porcentaje superior que los

"Tres cuartos". Apareciendo diferencias estadísticamente significativas únicamente en la segunda evaluación.

Tabla 12: Pesos y % de grasa: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
		M	DS	M	DS	
% GRASA	1	14.73	4.47	11.18	1.15	
	2	13.04	3.58	9.95	1.33	0.046
P. GRASO	1	15.53	7.45	8.71	1.12	0.003
	2	13.27	5.63	7.57	0.88	0.000
P. ÓSEO	1	9.13	0.85	7.62	0.94	0.007
	2	9.13	0.85	7.62	0.94	0.007
P. MUSCULAR	1	52.27	5.88	42.06	4.39	0.001
	2	52.55	5.02	43.86	5.25	0.002

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

%: Porcentaje

P: Peso.

4.1.2. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN

4.1.2.1. PESO TOTAL Y TALLA

Como se puede ver en la tabla número 13, los valores obtenidos en la segunda evaluación son inferiores a los de la primera tanto en los delanteros como en los tres cuartos, siendo estadísticamente significativos únicamente en los primeros. En el caso de la talla, al coincidir los valores de la primera evaluación con los de la segunda no han sido incluidos dentro de esta tabla.

Tabla 13: Peso y talla: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
		M	DS	M	DS	DEL	TRES
PESO	1	101.38	16.78	78.00	7.56	0.039	
	2	98.76	13.51	76.50	7.87		

M: *Media.*DS: *Desviación estándar.*1: *Primera evaluación.*2: *Segunda evaluación.*DEL: *Delanteros.*TRES: *Tres cuartos.***4.1.2.1. PLIEGUES CUTÁNEOS**

Los datos obtenidos en el estudio de los pliegues cutáneos de los "Delanteros", nos muestran una disminución de la primera a la segunda evaluación en todos los casos con diferencias estadísticamente significativas.

En el estudio de los pliegues cutáneos de los "Tres cuartos" la tendencia es a la disminución en todos los casos (tricipital, suprailíaco, abdominal, muslo y rodilla) a excepción del pliegue subescapular donde los valores numéricos son superiores en la segunda evaluación. Los valores y la significación estadística se pueden apreciar en la tabla 14.

Tabla 14: Pliegues cutáneos: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
		M	DS	M	DS	DEL	TRES
TRICIPITAL	1	16.19	7.22	9.30	2.46	0.001	0.043
	2	13.90	5.71	7.96	2.87		
SUBESCAPULAR	1	17.35	7.605	11.68	3.34	0.002	
	2	15.49	6.34	12.07	3.64		
SUPRAILIACO	1	20.65	11.05	16.38	2.53	0.003	0.028
	2	18.09	9.74	11.93	3.97		
ABDOMINAL	1	25.66	9.52	18.60	5.62	0.001	
	2	22.34	8.82	16.37	3.30		
MUSLO	1	20.56	7.81	14.13	4.43	0.015	0.043
	2	16.86	5.64	12.75	4.21		
PIERNA	1	15.21	6.00	11.75	4.51	0.001	0.028
	2	12.83	2.67	9.03	2.35		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

4.1.2.2. PERÍMETROS

En el estudio del perímetro del brazo y la rodilla de los "Deltoides" (Tabla 15), se observa una disminución estadísticamente significativa de los datos obtenidos de la primera a la segunda evaluación.

Los "Tres cuartos", mantienen los valores numéricos obtenidos en las dos evaluaciones en el brazo (sin diferencias estadísticamente significativas). En la pierna, los resultados disminuyen de una evaluación a otra apareciendo diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 15: Perímetros: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
		M	DS	M	DS	DEL	TRES
BRAZO	1	36.45	2.18	32.50	3.16	0.014	
	2	35.44	1.93	32.85	2.99		
PIERNA	1	43.04	2.44	38.67	2.04	0.001	0.028
	2	42.26	5.20	37.80	4.26		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

4.1.2.3. DIÁMETROS

En el estudio de los valores numéricos del diámetro de la muñeca, húmero y femoral de los "Delfanteros" y "Tres cuartos", los valores son idénticos de una evaluación a otra (Tabla 10).

4.1.2.4. SOMATOTIPO

Comparando los datos numéricos obtenidos en la primera y en la segunda evaluación de los "Delfanteros" (Tabla 16), nos encontramos que en el caso de la endomorfia y la mesomorfia hay una tendencia a la disminución de la primera a la segunda evaluación, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Por el contrario, la ectomorfia tiende a aumentar.

Los "Tres cuartos", en el caso de la endomorfia, presentan unos valores numéricos menores en la segunda evaluación, con diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.046$). La mesomorfia, muestra unos datos prácticamente idénticos en las dos evaluaciones (sin presentar diferencias estadísticamente significativas) y por último, los valores de la ectomorfia, son

superiores en la primera evaluación. Tampoco presenta diferencias estadísticamente significativas (Tabla 16).

Tabla 16: Somatotipo: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
		M	DS	M	DS	DEL	TRES
ENDOMORFIA	1	4.82	1.77	3.77	0.18	0.001	0.046
	2	4.32	1.49	3.22	0.46		
MESOMORFIA	1	5.79	1.24	4.96	1.03	0.019	
	2	5.55	1.37	4.96	1.08		
ECTOMORFIA	1	0.88	0.75	1.11	0.32		
	2	0.98	0.81	1.28	0.42		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

4.1.2.5.- PESO Y PORCENTAJE DE GRASA

Los datos que contiene la tabla 17, muestran como el peso graso de los "Delfanteros" y de los "Tres cuartos" ha disminuido de la primera a la segunda evaluación, existiendo diferencias estadísticamente significativas en ambos poblaciones.

En los "Delfanteros", el porcentaje de grasa, disminuye de la primera a la segunda evaluación, apareciendo diferencias estadísticamente significativas. Por el contrario el peso muscular y el peso óseo muestran una igualdad de una evaluación a otra, tendiendo un poco al alza en el caso del peso muscular, pero sin mostrar diferencias estadísticamente significativas (Tabla 17).

En los "Tres cuartos", los valores tienden a disminuir de la primera a la segunda evaluación en todos los casos (porcentaje de grasa y peso muscular) a excepción del peso óseo, el cual se mantiene estable. Las diferencias estadísticamente significativas, únicamente se pueden encontrar en el porcentaje de grasa ($p = 0.028$).

Tabla 17: Pesos y porcentaje de grasa: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

		DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
		M	DS	M	DS	DEL	TRES
% GRASA	1	14.73	4.47	11.18	1.15	0.002	0.028
	2	13.04	3.58	9.95	1.33		
P. GRASO	1	15.53	7.45	8.71	1.12	0.002	0.028
	2	13.27	5.63	7.57	0.88		
P. ÓSEO	1	9.13	0.85	7.62	0.94		
	2	9.13	0.85	7.62	0.94		
P. MUSCULAR	1	52.27	5.88	42.06	4.39		
	2	52.55	5.02	43.86	5.25		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

P: Peso.

%: Porcentaje.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

4.2. ÍNDICE DE FATIGA Y TRABAJO MUSCULAR

4.2.1. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES

4.2.1.1. ÍNDICE DE FATIGA

El índice de fatiga aparecido tanto en la musculatura del cuadriceps como en la de los isquiotibiales es superior en los "Delanteros", sin significación estadística (Tabla 18).

Tabla 18: Índice de fatiga: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
			M	DS	M	DS	
RD	I	1	39.54	5.14	37.59	5.63	
		2	42.26	4.68	37.76	4.83	
	Q	1	38.24	8.08	36.34	10.12	
		2	42.54	8.55	38.03	6.21	
RI	I	1	37.96	5.57	35.60	7.18	
		2	39.67	5.33	36.05	5.50	
	Q	1	37.88	7.34	35.13	8.92	
		2	41.24	6.77	36.29	5.15	

M: Media.
DS: Desviación.
I: Isquiotibiales.
Q: Cuadriceps.

RD: Rodilla derecha.
RI: Rodilla izquierda.
1: Primera evaluación.
2: Segunda evaluación.

4.2.1.2. TRABAJO MUSCULAR

Los test realizados tanto con la rodilla derecha como con la rodilla izquierda, muestran como los "Delanteros" lograron realizar

más trabajo que los “Tres cuartos” en las dos evaluaciones ejecutadas; los casos con significación estadística se muestran en la tabla número 19.

Tabla 19: Trabajo: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
			M	DS	M	DS	
RD	I	1	2341.25	426.50	1981.07	269.31	0.036
		2	2475.40	439.86	2251.90	412.60	
	Q	1	3465.44	529.17	2980.70	533.90	
		2	3661.57	565.89	3297.52	472.56	
RI	I	1	2199.08	305.86	1909.34	310.24	
		2	2361.10	316.45	2150.70	455.92	
	Q	1	3323.17	411.05	2898.68	265.65	0.046
		2	3550.75	486.92	3232.46	475.87	

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuadriceps.

4.2.2. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN

4.2.2.1. ÍNDICE DE FATIGA

Analizando los resultados de los “Delanteros”, el índice de fatiga ha aumentado de la primera a la segunda evaluación en todos los casos, existiendo diferencias estadísticamente significativas en el cuadriceps de la rodilla izquierda. Por el contrario, en el grupo de jugadores “Tres cuartos” se puede observar como el índice de fatiga

únicamente ha aumentado en el músculo cuádriceps de la rodilla izquierda. Las diferencias no son estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en ninguno de los casos (Tabla 20).

Tabla 20: Índice de fatiga: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
RD	I	1	39.54	5.14	37.59	5.63		
		2	42.26	4.68	37.76	4.83		
	Q	1	38.24	8.08	36.34	10.12		
		2	42.54	8.55	38.03	6.21		
RI	I	1	37.96	5.57	35.60	7.18		
		2	39.67	5.33	36.05	5.50		
	Q	1	37.88	7.34	35.13	8.92	0.046	
		2	41.24	6.77	36.29	5.15		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuádriceps.

4.2.2.2. TRABAJO MUSCULAR

En el trabajo realizado, los valores obtenidos en la primera evaluación han sido superados en todos los casos en la segunda. La significación estadística y los valores se muestran en la tabla 21.

Tabla 21: Trabajo: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
RD	I	1	2341.25	426.50	1981.07	269.31	0.004	0.046
		2	2475.40	439.86	2251.90	412.60		
	Q	1	3465.44	529.17	2980.70	533.90		
		2	3661.57	565.89	3297.52	472.56		
RI	I	1	2199.08	305.86	1909.34	310.24	0.009	
		2	2361.10	316.45	2150.70	455.92		
	Q	1	3323.17	411.05	2898.68	265.65	0.011	
		2	3550.75	486.92	3232.46	475.87		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuadriiceps.

4.2.3. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE AMBAS RODILLAS

4.2.3.1. ÍNDICE DE FATIGA

En la tabla 22, se muestra como la rodilla derecha obtiene un índice de fatiga superior al de la rodilla izquierda en todos los casos a excepción del cuadriceps en la segunda evaluación donde la rodilla izquierda tiene una fatiga más elevada. En ningún caso las diferencias fueron estadísticamente significativas.

Tabla 22: Índice de fatiga: Diferencias entre rodilla derecha e izquierda.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
1	I	RD	39.54	5.14	37.59	5.63		
		RI	37.96	5.57	35.60	7.18		
	Q	RD	38.24	8.08	36.34	10.12		
		RI	37.88	7.34	35.13	8.92		
2	I	RD	42.26	4.68	37.76	4.83		
		RI	39.67	5.33	36.05	5.50		
	Q	RD	42.54	8.55	38.03	6.21		
		RI	41.24	6.77	36.29	5.15		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuadriceps.

4.2.3.2. TRABAJO MUSCULAR

Los datos numéricos de la tabla 23, nos muestran como el trabajo realizado por la rodilla derecha es superior en todos los casos al realizado por la rodilla izquierda, a su vez, también podemos observar como el trabajo de la primera evaluación es ligeramente inferior al de la segunda. En ninguno de los casos se han encontrado diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 23: Trabajo: Diferencias entre rodilla derecha e izquierda.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
1	I	RD	2341.25	426.50	1981.07	269.31		
		RI	2199.08	305.86	1909.34	310.24		
	Q	RD	3465.44	529.17	2980.70	533.90		
		RI	3323.17	411.05	2898.68	265.65		
2	I	RD	2475.40	439.86	2251.90	412.60		
		RI	2361.10	316.45	2150.70	455.92		
	Q	RD	3661.57	565.89	3297.52	472.56		
		RI	3550.75	486.92	3232.46	475.87		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuadriceps.

4.2.4. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE ISQUIOTIBIALES Y CUADRICEPS

4.2.4.1. ÍNDICE DE FATIGA

En los valores numéricos de la tabla 24, se aprecia como en la mayoría de los casos tanto de la primera como de la segunda evaluación, existe una superioridad estadísticamente no significativa en la fatiga producida a nivel del músculo cuadriceps sobre la de los músculos isquiotibiales. A su vez, los "Delfanteros" muestran un mayor índice de fatiga a nivel de los dos grupos musculares respecto a los "Tres cuartos".

Tabla 24: Índice de fatiga: Diferencias entre isquiotibiales y cuádriceps.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
1	RD	I	39.54	5.14	37.59	5.63		
		Q	38.24	8.08	36.34	10.12		
	RI	I	37.96	5.57	35.60	7.18		
		Q	37.88	7.34	35.13	8.92		
2	RD	I	42.26	4.68	37.76	4.83		
		Q	42.54	8.55	38.03	6.21		
	RI	I	39.67	5.33	36.05	5.50		
		Q	41.24	6.77	36.29	5.15		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuádriceps.

4.2.4.2. TRABAJO MUSCULAR

Los resultados obtenidos, muestran una superioridad del músculo cuádriceps sobre los músculos isquiotibiales. Además, en todos los casos encontramos diferencias estadísticamente significativas (Tabla 25). En los "Delanteros", las diferencias estadísticamente significativas muestran un valor de $p = 0.001$ en ambas rodillas y evaluaciones. En los "Tres cuartos", los valores también coinciden para ambas rodillas y evaluaciones ($p = 0.028$).

Tabla 25: Trabajo: Diferencias entre isquiotibiales y cuadriceps.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
1	PD	I	2341.25	426.50	1981.07	269.31	0.001	0.028
		Q	3465.44	529.17	2980.70	533.90		
	PI	I	2199.08	305.86	1909.34	310.24	0.001	0.028
		Q	3323.17	411.05	2898.68	265.65		
2	PD	I	2475.40	439.86	2251.90	412.60	0.001	0.028
		Q	3661.57	565.89	3297.52	472.56		
	PI	I	2361.10	316.45	2150.70	455.92	0.001	0.028
		Q	3550.75	486.92	3232.46	475.87		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

I: Isquiotibiales.

Q: Cuadriceps.

4.3. FRECUENCIA CARDIACA

4.3.1. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES

Los resultados representados en la tabla 26, muestran como en ambas evaluaciones los valores numéricos obtenidos por los "Delanteros" son superiores a los obtenidos por los "Tres cuartos". El porcentaje de consumo en la primera y segunda evaluación serian las únicas excepciones.

Las diferencias estadísticamente significativas aparecen en las segundas evaluaciones de la frecuencia cardiaca inicial y final de

ambas rodilla, obteniendo los mismos valores de significación en rodilla izquierda y derecha.

Tabla 26: Frecuencia cardíaca: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
			M	DS	M	DS	
RD	O	1	83.92	6.95	77.33	12.63	
		2	81.77	9.56	71.67	6.56	0.029
	F	1	156.31	15.40	153.17	27.77	
		2	148.23	17.21	123.67	17.70	0.017
	PC	1	86,77	18,19	98,05	14,93	
		2	82,20	18,58	73,05	24,54	
RI	O	1	83.18	6.95	77.48	12.63	
		2	83.41	9.56	72.05	6.56	0.029
	F	1	162.85	14.93	153.83	22.78	
		2	154.00	17.11	128.17	21.22	0.017
	PC	1	94,76	18,32	100,35	24,20	
		2	88,83	12,80	79,81	31,84	

M: Media.

DS: Desviación estándar.

O: Frecuencia cardíaca inicial

F: Frecuencia cardíaca final.

PC: % de aumento entre la frecuencia cardíaca inicial y final.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.3.2. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN

Los datos referidos a los "Delanteros" (Tabla 27), muestran una disminución en todos los valores a excepción de la frecuencia cardíaca inicial producida durante el ejercicio de la rodilla izquierda.

Las diferencias estadísticamente significativas aparecen en la Frecuencia cardiaca final tanto en la evaluación de la rodilla derecha ($p = 0.016$), como de la rodilla izquierda ($p = 0.030$).

Los resultados obtenidos por los "Tres cuartos" muestran una disminución de la frecuencia cardiaca en la segunda evaluación. Las diferencias estadísticamente significativa se encuentran en la frecuencia cardiaca final de la rodilla izquierda ($p = 0.043$) y en el porcentaje de la frecuencia cardiaca de la rodilla derecha ($p = 0.028$).

Tabla 27: Frecuencia cardiaca: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
RD	O	1	83.92	6.95	77.33	12.63	0.016	
		2	81.77	9.56	71.67	6.56		
	F	1	156.31	15.40	153.17	27.77		
		2	148.23	17.21	123.67	17.70		
	PC	1	86,77	18,19	98,05	14,93		0.028
		2	82,20	18,58	73,05	24,54		
RI	O	1	83.18	6.95	77.48	12.63	0.030	0.043
		2	83.41	9.56	72.05	6.56		
	F	1	162.85	14.93	153.83	22.78		
		2	154.00	17.11	128.17	21.22		
	PC	1	94,76	18,32	100,35	24,20		
		2	88,83	12,80	79,81	31,84		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

O: Frecuencia cardiaca inicial.

F: Frecuencia cardiaca final.

PC: % de aumento entre la frecuencia cardiaca inicial y final.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.3.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE AMBAS RODILLAS ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN

En la tabla 28 se puede observar como los "Delanteros" y los "Tres cuartos" obtienen unos valores superiores en la rodilla izquierda

Las diferencias estadísticamente significativas aparecen únicamente en los "Delanteros", en la frecuencia cardiaca final y en el porcentaje de las ambas rodillas.

Tabla 28: Frecuencia cardiaca: Diferencias entre rodilla derecha e izquierda entre la primera y segunda evaluación.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
1	O	RD	83.92	6.95	77.33	12.63		
		RI	83.18	6.95	77.48	12.63		
	F	RD	156.31	15.40	153.17	27.77	0.046	
		RI	162.85	14.93	153.83	22.78		
	P C	RD	86.77	18.19	98.05	14.93		
		RI	94.76	18.32	100.35	24.20		
2	O	RD	81.77	9.56	71.67	6.56		
		RI	83.41	9.56	72.05	6.56		
	F	RD	148.23	17.21	123.67	17.70	0.028	
		RI	154.00	17.11	128.17	21.22		
	P C	RD	82.20	18.58	73.05	24.54	0.028	
		RI	88.83	12.80	79.81	31.84		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

O: Frecuencia cardiaca inicial.

F: Frecuencia cardiaca final.

PC: % de aumento entre la frecuencia cardiaca inicial y final.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.4. CONSUMO DE OXÍGENO

4.4.1. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE POBLACIONES

El porcentaje de oxígeno consumido durante las dos evaluaciones en ambas rodillas por los "Delanteros" es superior al consumido por los "Tres cuartos". No encontrándonos diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las evaluaciones (Tabla 29). Por el contrario, el VO_2 inicial y final es superior en los "Tres cuartos".

Tabla 29: Consumo de oxígeno: Descriptivos y diferencias significativas entre poblaciones.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN
			M	DS	M	DS	
RD	O	1	6.12	1.15	6.68	0.44	
		2	6.44	1.01	6.83	0.43	
	F	1	16.58	2.44	17.86	0.66	
		2	20.38	1.81	21.84	1.42	
	PC	1	174.54	33.28	167.94	16.23	
		2	223.00	53.09	221.95	40.61	
RI	O	1	6.77	0.98	7.40	0.93	
		2	6.83	1.06	7.19	0.43	
	F	1	17.30	2.25	18.05	0.82	
		2	20.00	2.25	19.21	1.77	
	PC	1	158.25	35.35	146.67	28.41	
		2	196.28	33.85	167.66	23.72	

M: Media.
 DS: Desviación estándar.
 O: VO_2 inicial.
 F: VO_2 final.
 PC: % de aumento entre

RD: Rodilla derecha.
 RI: Rodilla izquierda.
 DEL: Delanteros.
 TRES: Tres cuartos.
 VO_2 inicial y final.

1: Primera evaluación.
 2: Segunda evaluación.

4.4.2. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PRIMERA Y SEGUNDA EVALUACIÓN

Analizando las diferencias entre los resultados obtenidos por los "Delanteros" entre la primera y la segunda evaluación, se aprecia que los consumos inicial y final se caracterizan por un aumento de la primera a la segunda evaluación, La significación estadística se puede observar en la tabla 30.

Respecto al porcentaje de oxígeno consumido, en la primera evaluación se observan unos valores inferiores a los de la segunda. Existiendo diferencias estadísticamente significativas en ambas rodillas.

En el análisis de los datos numéricos de los "Tres cuartos" (Tabla 30), nos encontramos unos resultados similares a los obtenidos por los "Delanteros". En los consumos inicial, final y porcentaje los valores de la segunda evaluación son superiores a los de la primera.

Diferencias estadísticamente significativas aparecen en el consumo final y en el porcentaje de la rodilla izquierda ($p = 0.046$ y 0.028 respectivamente).

Tabla 30: Consumo de oxígeno: Diferencias entre primera y segunda evaluación.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
RD	O	1	6.12	1.15	6.68	0.44		
		2	6.44	1.01	6.83	0.43		
	F	1	16.58	2.44	17.86	0.66	0.001	0.028
		2	20.38	1.81	21.84	1.42		
	PC	1	174.54	33.28	167.94	16.23	0.033	0.046
		2	223.00	53.09	221.95	40.61		
RI	O	1	6.77	0.98	7.40	0.93		
		2	6.83	1.06	7.19	0.43		
	F	1	17.30	2.25	18.05	0.82	0.006	
		2	20.00	2.25	19.21	1.77		
	PC	1	158.25	35.35	146.67	28.41	0.016	
		2	196.28	33.85	167.66	23.72		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

O: VO₂ inicial.

F: VO₂ final.

PC: % de aumento entre VO₂ inicial y final.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación.

4.4.3. DIFERENCIAS ENTRE AMBAS RODILLAS

Analizando los datos obtenidos por los "Delfanteros", nos encontramos que el consumo de oxígeno de la primera evaluación es superior en la rodilla izquierda. Por el contrario, en la segunda evaluación la rodilla izquierda únicamente es superior en el VO₂ inicial. Las diferencias estadísticamente significativas, las podemos encontrar en la tabla 31.

En los "Tres cuartos" (Tabla 31), nos encontramos unos datos iguales a los obtenidos por los "Delanteros". El consumo de oxígeno inicial es superior a la rodilla izquierda en ambas rodillas.

Tabla 31: Consumo de oxígeno: Diferencias entre rodilla izquierda y rodilla derecha.

			DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
			M	DS	M	DS	DEL	TRES
1	O	RD	6.12	1.15	6.68	0.44	0.008	
		RI	6.77	0.98	7.40	0.93		
	F	RD	16.58	2.44	17.86	0.66		
		RI	17.30	2.25	18.05	0.82		
	PC	RD	174.54	33.28	167.94	16.23	0.046	
		RI	158.25	35.35	146.67	28.41		
2	O	RD	6.44	1.01	6.83	0.43	0.046	
		RI	6.83	1.06	7.19	0.43		
	F	RD	20.38	1.81	21.84	1.42		0.046
		RI	20.00	2.25	19.21	1.77		
	PC	RD	223.00	53.09	221.95	40.61	0.028	0.028
		RI	196.28	33.85	167.66	23.72		

M: Media.

DS: Desviación estándar.

O: VO₂ inicial.

F: VO₂ final.

PC: % de aumento entre VO₂ inicial y final.

RD: Rodilla derecha.

RI: Rodilla izquierda.

DEL: Delanteros.

TRES: Tres cuartos.

1: Primera evaluación.

2: Segunda evaluación

4.5. PRUEBA DE ESFUERZO

En la tabla 32, se puede observar los valores obtenidos en la prueba de esfuerzo realizada tanto con los delanteros como con los tres cuartos. En ella nos encontramos que el consumo máximo de oxígeno es superior en los tres cuartos. Por el contrario, los valores

de la frecuencia cardiaca máxima son levemente superiores en los delanteros.

Tabla 32: Consumo máximo de oxígeno y frecuencia cardiaca máxima: Descriptivos de ambas poblaciones.

	DELANTEROS		TRES CUARTOS		SIGNIFICACIÓN	
	M	DS	M	DS		
VO₂ máx.	51.77	6.15	59.68	5.62		
Fc. O	92.30	7.47	89.66	11.09		
Fc. máx.	188.92	6.48	185.33	11.87		

M: *Media.*

DS: *Desviación estándar.*

VO₂ máx.: *Consumo máximo de oxígeno.*

Fc.O: *Frecuencia cardiaca inicial.*

Fc. máx.: *Frecuencia cardiaca máxima.*

5. DISCUSIÓN



En el alto rendimiento, los sistemas de entrenamiento, la metodología utilizada o la organización de las sesiones son factores que influyen directamente en los resultados obtenidos. La mejora de éstos se produce a base de pequeños cambios en el proceso de entrenamiento. Para saber cuáles son los aspectos fundamentales en los que se debe incidir, en general en todo el equipo y en particular en cada jugador, se realizan una serie de baterías de test que evalúan el rendimiento específico ante estímulos determinados.

En este estudio, se evalúan factores como la fatiga y el trabajo desarrollado por la musculatura de la articulación de la rodilla mediante un dinamómetro isocinético, el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca en un gesto monoarticular (rodilla) mediante un analizador portátil de gases, estableciendo una relación porcentual con valores máximos logrados en un test progresivo de Conconi en tapiz rodante.

Para el desarrollo de esta investigación, en primer lugar, se estableció un protocolo específico para cada uno de los test a realizar. En segundo lugar, se realizaron dos test a cada uno de los miembros del equipo y por último se procedió a la obtención de los resultados y al análisis de los mismos.

A la hora de determinar el protocolo para evaluar el trabajo de la musculatura de la rodilla en jugadores de rugby mediante dinamometría isocinética, se tomó como premisa fundamental el intentar establecer una estrecha relación entre los gestos específicos de este deporte y las variables que presenta una evaluación de este tipo (movimiento o gesto a realizar, número de repeticiones, velocidad del dinamómetro, tiempo de recuperación, etc.).

Una vez revisada la bibliografía concerniente al tema y analizados minuciosamente los gestos técnicos y tácticos del rugby, se concretó que el test isocinético debía realizarse de forma continua con el fin de intentar llevar a cabo un ajuste lo más exacto posible al gesto natural del movimiento de la rodilla (Gutiérrez Dávila, 1998). Teniendo en cuenta que el rugby es un deporte de intensidad alta intermitente, donde cada jugador debe de estar en posesión de una

gran fuerza y una buena resistencia a lo largo de todo el encuentro (Rigg, 1988; Hazeldine, 1991; Mc Lean, 1992), se intentó establecer un protocolo que uniera dichas cualidades físicas (Platonov y Col., 1994; Bompa, 2000), realizando así una prueba de fuerza resistencia, definida por Platonov y Cols. (1994), como la capacidad de mantener unos índices de fuerza elevados durante un espacio de tiempo prolongado. El número de repeticiones y la velocidad de ejecución de movimiento, fueron los parámetros valorados para diseñar dicho test. Tras minuciosa revisión bibliográfica y realización de pruebas previas a la ejecución del estudio, se optó por fijar el número de repeticiones en 20 (Bond y Cols., 1988; Gur y Cols., 1999) y la velocidad en 60º/seg. (Duvall et al., 1993; Miller y Cols., 2000; Kellis y Cols., 2001; Perry-Rana y Cols., 2002), de forma que finalmente el tiempo de duración aproximada de la evaluación fue de un minuto para cada grupo muscular de la rodilla (Airaksinen y Cols., 2001).

Con el fin de facilitar la adaptación de los deportistas al dinamómetro, la rodilla derecha fue evaluada en primer lugar, ya que, según autores como Navarro en 1995, la extremidad inferior dominante es de las dos, la más hábil. Aún así, otros autores como Yoon y Cols. en 1991 o Calmels y Cols. en 1995, demuestran en sus estudios que el inicio con pierna dominante o no dominante no influye directamente en los resultados.

Dentro del protocolo establecido, también se decidió llevar a cabo dos evaluaciones a lo largo de la temporada, con el objetivo de poder efectuar una comparación entre ambas y de esta manera analizar la evolución física de los jugadores a lo largo de la temporada, proporcionando al preparador físico del equipo una estimada información a la hora de evaluar el sistema de entrenamiento desarrollado.

Tras una revisión bibliográfica intensa, no se ha hallado ninguna investigación que relacione una evaluación isocinética con la espirométrica y la frecuencia cardíaca, por lo que sólo podremos contrastar nuestros resultados, con otros estudios que abordan estos temas de manera independiente.

En el caso de la evaluación isocinética, el primer problema encontrado es que la mayoría de los artículos no hacen referencia a

test continuos (contracciones continuas de la articulación de la rodilla), sino que lo hacen de gestos de una única contracción (flexión o extensión). En segundo lugar, los test continuos reflejados en otros estudios (Gur y Col., 2003; Elmhandi y Cols., 2004), están realizados con sujetos o deportistas con algún tipo de lesión, donde el proceso metodológico está orientado a la rehabilitación y, con el fin de adaptar la articulación a todo tipo de movimientos, las evaluaciones, en estos casos, fueron realizadas a dos o más velocidades. Este es el motivo de haber tenido que realizar ensayos de protocolo del estudio para determinar la velocidad adecuada y el número de repeticiones.

La falta de referencias bibliográficas, también fue un problema a la hora de valorar el consumo de oxígeno y la frecuencia cardiaca durante un gesto monoarticular, como es la flexo-extensión de la rodilla.

Aunque abundan estudios isocinéticos de los grupos musculares de la articulación de la rodilla en un momento concreto de la temporada (Nassar, 1991; Kannus en 1994 o Aagaard y Cols. en 1998), no es frecuente encontrar estudios longitudinales. Ya que entre otros motivos, el desarrollo de la prueba isocinética, además de que conlleva mucho tiempo de preparación y de ejecución, es prácticamente desconocida para la mayoría de los entrenadores.

Por otra parte, han surgido problemas relacionados con el material de medición del consumo de oxígeno. Los dosificadores estándar de aire proporcionados por el analizador portátil VO₂₀₀₀ Portable Metabolic System, no lograban recoger los datos necesarios para evaluar la prueba isocinética. El hecho de que en esta prueba no se movilizasen unos consumos de oxígeno tan elevados como en la prueba de esfuerzo con tapiz rodante, obligó a utilizar unos dosificadores más apropiados (que estableciesen un nivel de registro que se ajustase a consumos más bajos). Para ello, se optó por establecer comunicación con MedGraphics, empresa distribuidora.

De esta manera, el desarrollo de cada una de las pruebas (esfuerzo o isocinética) sería realizado con un dosificador u otro dependiendo del grado de consumo de oxígeno de cada una de ellas.

5.1. DIFERENCIAS ENTRE POBLACIONES

5.1.1. CINEANTROPOMETRÍA

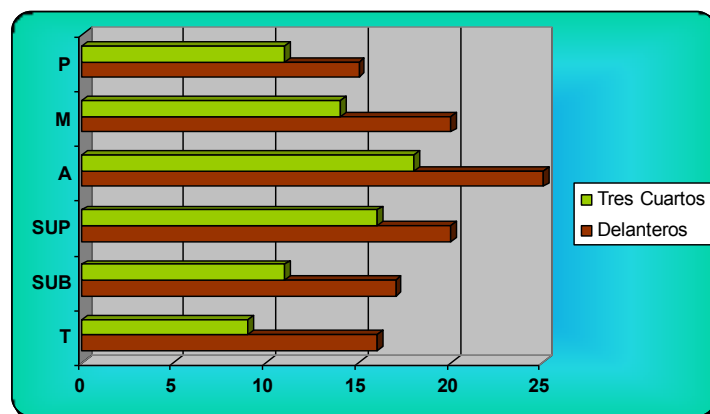
Si comparamos los datos obtenidos por los delanteros y los tres cuartos, observamos cómo en el peso total existen diferencias estadísticamente significativas tanto en la primera como en la segunda evaluación a favor de los delanteros (Tabla 7). Estos datos coinciden con los aportados por Vodamovich y Col. (1982), Rigg y Col. (1988) o Carlson y Cols. (1994), los cuales indican que estas diferencias son debidas a la poca similitud que existe entre las tareas realizadas por unos jugadores y otros. Analizando otros parámetros referidos al peso, como son el peso graso, óseo, muscular o tanto por ciento de grasa, también encontramos diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos (Tabla 12). Resultados que coinciden con los aportados por Georges y Cols. en un estudio realizado en 1985.

En el año 2001 la NZRU establece una media de peso y talla de 99,1 kg. y 185,7 cm. para los jugadores de rugby. Efectuando un análisis exhaustivo de las dos poblaciones estudiadas (delanteros y tres cuartos), podemos encontrar que los delanteros tienen unos valores similares, tanto en peso como en talla (Tabla 7) a esta media establecida por la NZRU. Estos jugadores considerados clásicamente como los ganadores del balón (Rigg y Col., 1988), poseen una gran fuerza (Morehouse, 1970) y envergadura (Nicholas y Col., 1997), orientada a las fases estáticas del juego como la melé o la touche (Bell y Cols., 1993).

En el caso de los tres cuartos, el peso y la talla distan mucho de llegar a las medias establecidas por la NZRU. Estos jugadores se caracterizan por poseer una condición física basada en una gran resistencia, mucha rapidez y una buena combinación de fuerza y velocidad (Hazeldine y Col., 1991). De esta manera, autores como Khun (1993) o Nicholas y Col. (1995), concluyen que cada jugador

tiene un tipo constitucional relacionado con sus requerimientos tanto técnicos como tácticos.

El estudio del somatotipo de los jugadores (tabla 11) muestra que el jugador de rugby está considerado mesomórfico dominante, situándose en la somatocarta en la endo-mesomorfía (Quarrie y Cols., 1996, 2000; Méndez y Cols., 1999). Comparándolo con los resultados obtenidos por los jugadores en estudio (tanto delanteros como tres cuartos), se puede observar como la mesomorfia es predominante, seguido de la endomorfia y por último la ectomorfia. Estos datos, a su vez, también son coincidentes con los presentados por autores como Smit y Cols. (1979), Boenne y Cols. (1980), Reilly y Cols. (1981), Withers y Cols. (1986), Bale, (1986), Casagrande y Cols. (1993) y Carlson y Cols., (1994). Según Dacres-Mannings en 1998, esta tendencia dentro de la somatocarta, se relaciona con el nivel de juego del equipo (a mayor nivel, mayor mesomorfia), la masa corporal y la gran dimensión de las extremidades (Bell y Cols., 1993; Carlson y Cols., 1994).



Gráfica 5: Diferencias pliegues cutáneos Delanteros Tres cuartos (1ª Evaluación)

P: Pierna
A: Abdominal
SUB: Subescapular

M: Muslo
SUP: Suprailiaco
T: Tricipital

El análisis de las Tablas 8 y 11 muestran que los tres cuartos obtienen unos valores en pliegues cutáneos y somatotipo (exceptuando la ectomorfia) menores que los delanteros. Estos resultados, coinciden con estudios realizados por Dacres-Mannings (1998), Canda-Moreno y Cols. (1998), Méndez y Cols. (1999) y Scott y Cols. (2003). En el caso de los tres cuartos, sus funciones dentro del terreno de juego (velocidad y resistencia) condicionan una constitución atlética, exenta de grasa y con una musculatura bien definida (Oliver, 1971). Por el contrario, el mayor predominio de componente graso de los delanteros, es un factor importante en la mayoría de los requerimientos físicos de esta población a lo largo del encuentro (Cureton y Col., 1980).

Una vez analizadas las diferencias existentes entre ambas poblaciones, se puede observar que las características corporales de cada uno de los jugadores, vienen determinadas por las necesidades propias de cada uno de ellos dentro del terreno de juego.

5.1.2. FRECUENCIA CARDIACA Y CONSUMO DE OXÍGENO

Los delanteros poseen una frecuencia cardiaca máxima superior, y un consumo máximo de oxígeno inferior al de los tres cuartos. Estas diferencias ya fueron apreciadas en la prueba de esfuerzo realizada a principios de temporada. Así, los tres cuartos obtienen unos valores de frecuencia cardiaca máxima (185,33) inferiores (con diferencias estadísticamente significativas) a las de los delanteros (188,92 p/min.); estos resultados coinciden con estudios realizados por autores como Maud (1983), Tong y Col. (1987), Jardine y Cols. (1988), Ueno y Cols. (1988), Holmyard y Col. (1993), Coutts y Cols. (2003), Scout y Cols. (2003) y Takarada (2003).

Según Sangenis en el 2002, estas diferencias entre los resultados logrados por ambas poblaciones son un indicativo de una menor capacidad para realizar actividades que impliquen un tiempo prolongado de trabajo por parte de los delanteros.

Respecto al consumo máximo de oxígeno (prueba de esfuerzo), los tres cuartos tienen unos valores (59.68 ml./kg./min.) superiores (con diferencias estadísticamente significativas) a los de

los delanteros (51.77 ml./kg./min.); estos resultados coinciden con estudios realizados por autores como Maud (1983), Tong y Col. (1987), Jardine y Cols. (1988), Ueno y Cols. (1988), Holmyard y Col. (1993), Coutts y Cols. (2003), Scout y Cols. (2003) y Takarada (2003), con jugadores de rugby, y Reid y Cols. (1974) o Maud y Cols. (1984), los cuales comparan jugadores profesionales de otros deportes teniendo en cuenta su demarcación dentro del terreno de juego (defensores o atacantes).

En las pruebas realizadas con el dinamómetro isocinético, la frecuencia cardíaca llega a ser mayor en los delanteros que en los tres cuartos en ambas evaluaciones. Apareciendo diferencias estadísticamente significativas durante la segunda evaluación de ambas rodillas (Tabla 26). Autores como Maud (1983), Reilly (1990), Deutsch y Cols. (1998) o Urraca (2000), obtienen unos resultados similares a los observados en nuestros jugadores en el estudio realizado.

En el caso del consumo de oxígeno (prueba isocinética) las diferencias encontradas nos muestran una superioridad pero en este caso no significativa a favor de los tres cuartos (Tabla 29).

Estas diferencias encontradas tanto en la frecuencia cardíaca como en el consumo de oxígeno, pueden tener relación con características fisiológicas de los deportistas, factores genéticos, etc. El consumo de oxígeno, representa la medida de la capacidad aeróbica y se sabe que esta puede estar condicionada en gran medida por factores genéticos, Bouchard y Cols. en 1990 o por Ribero en 1995, cifran este condicionamiento en aproximadamente entre un 80 y un 90% de dicha capacidad.

Otro aspecto que puede influir en los resultados obtenidos, son las características cineantropométricas de los deportistas. Las demandas físicas requeridas para cada una de las dos poblaciones, determinan en cierta medida el somatotipo requerido para poder desempeñar una u otra labor dentro del terreno de juego (Treadwell, 1988; Arenas, 1995; Deutch y Cols., 1998). Los delanteros, en un equipo de rugby son jugadores que no suelen correr con el balón en las manos (Docherty y Cols., 1988), ya que la misión que tienen encomendada a lo largo de un partido está orientada a las acciones defensivas, las cuales fundamentalmente están basadas en los gestos

estáticos del juego (disputa del balón en la melé, touche o saques de centro) (Bell, 1993). Su cualidad física más desarrollada es la fuerza (Nicholas, 1997). Los tres cuartos, realizan fundamentalmente acciones dinámicas, por lo que este tipo de jugadores deben de estar dotados de una buena resistencia (capacidad aeróbica) (Vismara, 2001). Autores como Canda-Moreno y Cols. (1998), Dacres-Mannings (1998), Méndez y Cols. (1999) o Scott y Cols. (2003), coinciden con nosotros en que los delanteros poseen un componente graso mayor que los tres cuartos, el cual es un factor que influye en el rendimiento de un deportista (Cureton y Col., 1980). Esta influencia no tiene por que ser exclusivamente negativa. En el caso de la resistencia, el efecto si será negativo. Respecto a la fuerza, un mayor componente graso (traducido en mayor peso) ayudará al delantero a desempeñar de forma más eficaz su tarea en los lances del juego en los que el contacto sea necesario (melé o touche).

5.1.3. TRABAJO MUSCULAR

En relación a los resultados obtenidos en el trabajo muscular (Tabla 19), se puede observar una superioridad manifiesta por parte de los delanteros con respecto a los tres cuartos. Algunos autores (Narici y Cols. 1989, González y Col. 1995) exponen que existe una estrecha relación entre el tamaño muscular y la capacidad para generar fuerza. Los delanteros poseen un peso muscular mayor que los tres cuartos y también mayor capacidad para desarrollar trabajo muscular. Los estudios realizados por Scout y Cols. (2003) o Mendez y Col. (1999), ratifican que los delanteros tienen más desarrollada la capacidad física de la fuerza que los tres cuartos. Gabbett (2000) o Duthie y Cols. (2003) relacionan esta superioridad a las características físicas y a la misión específica dentro el terreno de juego (dirigida al contacto físico).

En este estudio, además, se puede comprobar que las diferencias llegan a ser estadísticamente significativas en la musculatura flexora de la rodilla izquierda y en la extensora de la derecha. La razón de estas diferencias podría estar relacionada con los gestos técnicos propios de cada demarcación. En concreto con la acción de empuje realizada en la melé. La mayoría de los delanteros,

tiene la extremidad inferior derecha como dominante, esto quiere decir que a la hora de realizar el gesto técnico de la melé, la rodilla derecha prácticamente se encuentra en extensión máxima, realizando un trabajo de mantenimiento de la posición mediante el músculo cuádriceps, mientras que la izquierda está por delante semiflexionada, realizando fuerza con los isquiotibiales, con el fin de empujar para así lograr desplazar el cuerpo y con ello la melé hacia delante (Tous, 1999; Lago, 2003) (Figura 35 y 36).



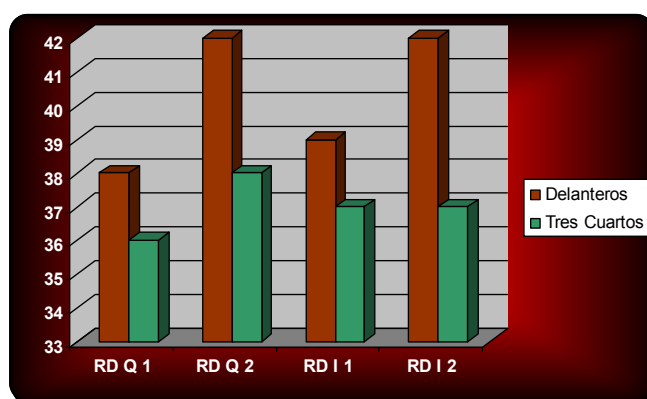
Figura 35 y 36: Empuje de los delanteros en la melé.

5.1.4. ÍNDICE DE FATIGA

El índice de fatiga muscular, definido como el descenso de la fuerza muscular después de haber realizado contracciones máximas (Liu, 2005), es la consecuencia de la falta de capacidad que tiene el músculo para mantener dicha fuerza durante la ejecución de un ejercicio (Bompa, 2000).

Platonov y Cols. (1994) definen la fuerza resistencia como la capacidad de mantener unos índices de fuerza elevados durante un espacio de tiempo prolongado. El test que se programó en el dinamómetro isocinético tenía una limitación temporal (determinado por un número de repeticiones concretas) por lo que la fuerza resistencia estaría relacionada con la capacidad de realizar fuerza máxima durante las veinte repeticiones que durase la evaluación.

En la tabla 18 se puede observar que los delanteros, tanto en la primera como en la segunda evaluación y en ambas articulaciones poseen un índice de fatiga ligeramente superior al de los tres cuartos, tanto en la musculatura extensora, como en la flexora (Gráfica 6). Estas diferencias, podrían deberse a las características físicas que posee cada una de las demarcaciones dentro del terreno de juego. El hecho de que los tres cuartos sean más resistentes (Vismara, 2001) que los delanteros, podría implicar que posean mayor capacidad para desarrollar un esfuerzo físico durante mayor tiempo sin llegar a fatigarse. Por ello, si se tiene en cuenta que el protocolo establecido está basado en el tiempo de ejecución, encontramos que los tres cuartos al poseer una mayor resistencia a la fatiga obtendrían unos resultados inferiores a los logrados por los delanteros.



Gráfica 6: Índice de Fatiga

RD: Rodilla derecha. 1: Primera evaluación.
 Q: Cuadriceps. 2: Segunda evaluación.
 I: Isquiotibiales.

Resulta llamativo, por otra parte, que el índice de fatiga siempre ha sido superior en la segunda evaluación; sin embargo, los deportistas hicieron un esfuerzo mayor, lo que se puede ver en el trabajo total realizado.

Una vez analizados los dos epígrafes anteriores (índice de fatiga y trabajo muscular), se puede observar que los delanteros poseen una fuerza y un índice de fatiga superior al de los tres cuartos. Los delanteros tienen una gran fuerza, pero debido a su constitución, su entrenamiento orientado a la adquisición de fuerza máxima o a la falta de fuerza resistencia, no son capaces de mantenerla durante el periodo de tiempo que dura la prueba isocinética. Es muy importante, por tanto, analizar siempre el índice de fatiga y el trabajo realizado durante la evaluación, ya que así se tiene una visión mucho más global de todas las características fisiológicas del deportista.

5.2. DIFERENCIAS A LO LARGO DE LA TEMPORADA

5.2.1. CINANTROPOMETRÍA

La diferencia más significativa a lo largo de la temporada es el descenso del peso graso (Tabla 13) en las dos poblaciones estudiadas. Este descenso, provocó un descenso del peso total, ya que no se encontraron prácticamente diferencias en el peso muscular de una evaluación a otra. Estudios realizados por Álvarez en 1987, Cortez en 1997 o González en el 2000, indican que la carga de actividad física soportada a lo largo de la temporada produce una disminución de peso graso.

Estas modificaciones en el peso graso y muscular han producido una transformación del somatotipo a lo largo de la temporada, pasando de situarse en la somatocarta de la endomesomorfia a la mesomorfia dominante (Quarrie y Cols., 1996, 2000; Méndez y Cols., 1999) (Tabla 16), consecuencia del trabajo físico realizado entre la primera y la segunda evaluación.

5.2.2. FRECUENCIA CARDIACA Y CONSUMO DE OXÍGENO

Analizando los valores numéricos de la tabla 27, se puede observar tanto en delanteros como en tres cuartos, que la frecuencia cardíaca ha descendido de una evaluación a otra (prueba isocinética). Por el contrario, el consumo de oxígeno (Tabla 30) ha aumentado en ambas poblaciones, apareciendo diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos.

Autores como Sin Chesa y Cols. (1982), Williams y Cols. (1985), Mora (1995), Molnár (1996, 1995, 1994), Willmore Col. (2000) o Cabillón (2001), afirman que con el ejercicio aeróbico se producen numerosos beneficios fisiológicos, entre los que se encuentran una mejora tanto del sistema de transporte y consumo de oxígeno como de la función del corazón durante el esfuerzo. Estas mejoras debidas a la actividad física se reflejan en un aumento de la eficacia de bombeo, lo que ocasiona un descenso de la frecuencia cardíaca de reposo (Chicharro, 1991; Babadán, 2000; González, 2000; Sanagua, 2000).

Los tres cuartos están dotados de una buena capacidad aeróbica (Vismara, 2001), debido fundamentalmente a los desplazamientos continuos que efectúan por el terreno de juego a lo largo de todo el encuentro. Por el contrario, la cualidad física más desarrollada en los delanteros es la fuerza (Nicholas, 1997), esencial en las acciones de continuo contacto (melé, maul o rock). Por ello, teniendo en cuenta estos factores posicionales, es posible que el trabajo aeróbico realizado a lo largo de toda la temporada se haya desarrollado en mayor medida en la población que menos potenciada tiene dicha cualidad (los delanteros). A su vez, si nos fijamos en el tanto por ciento de aumento de dichos valores a lo largo de la temporada (Tabla 27), observamos que es superior en los delanteros. La ganancia en consumo de oxígeno no depende sólo del entrenamiento sino también de las características genéticas y de las aptitudes previas de cada jugador (Annicchiarico, 2002; Guyton y Col., 2001).

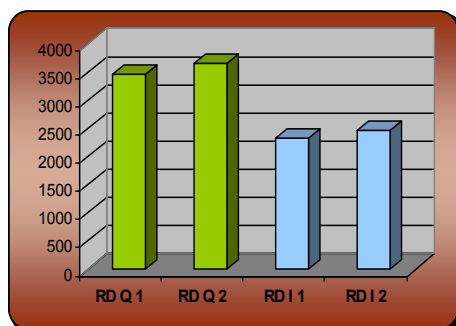
Respecto a los valores de frecuencia cardíaca final, podemos observar que son ligeramente superiores en los test realizados en la rodilla izquierda (evaluada en segundo lugar) que en los de la derecha. El tiempo de recuperación (un minuto) establecido entre las valoraciones de cada rodilla es, según Froese y Col. (1985), suficiente para que una evaluación no interfiera en la siguiente. Sin embargo

autores como Cordova en 1997 o Fernández-García y Col. en el 2004, afirman que a pesar del tiempo de recuperación puede existir una acumulación de fatiga o agotamiento en la articulación evaluada en último lugar.

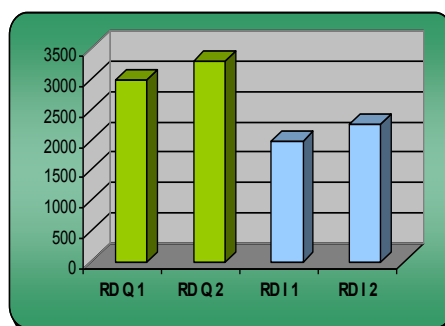
La frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno son dos de los factores en los que mayores modificaciones se producen gracias al entrenamiento aeróbico (Castañer, y Col., 1996). Todos estos datos indican que el sistema de entrenamiento llevado a cabo a lo largo de la temporada ha influido en la capacidad aeróbica de los jugadores, mejorando de esta manera los resultados. Estos valores coinciden con estudios realizados por diversos autores como pueden ser Bompá en 1983, Álvarez en 1987, Nicolaievitch en 1994, Navarro en 1998, González en el 2000 o Zhelyazkov en el 2001.

5.2.3. TRABAJO MUSCULAR E ÍNDICE DE FATIGA

Analizando los resultados de los delanteros y de los tres cuartos a lo largo de la temporada (Tabla 21), se observa que el trabajo muscular ha aumentado en ambas poblaciones, con diferencia estadísticamente significativa únicamente en la rodilla izquierda de los delanteros.



Gráfica 7: Trabajo muscular, Delanteros



Gráfica 8: Trabajo muscular, Tres Cuartos

RD: Rodilla derecha.
Q: Cuadriceps.
I: Isquiotibiales.

1: Primera evaluación.
2: Segunda evaluación.

En este aumento ha intervenido tanto el programa de entrenamiento específico llevado a cabo a lo largo de la temporada para cada una de las dos poblaciones como el trabajo físico realizado durante las competiciones. En este sentido Pichot y Cols. (2002) y Dupont y Cols. (2004) afirman que un desarrollado efectivo del proceso de entrenamiento influye directamente en el incremento de los resultados.

En el caso de los delanteros, el objetivo del entrenamiento fue aumentar la eficacia en acciones como la melé, la touche, los mauls o los rucks, las cuales según publicaciones como la de la RFU (1978), Treadwell (1988), Mc Lean (1992), se efectúan cada una de ellas entre 30 y 60 veces por partido. En el caso de los tres cuartos, el desarrollo técnico fue enfocado fundamentalmente a acciones en donde los placajes fuesen la parte principal del entrenamiento.

Otro factor, que posiblemente ha podido influir en el aumento de la fuerza máxima de los delanteros, es la finalidad que éstos deben de desempeñar dentro del terreno de juego. Cuando el equipo esta en situación de ataque, su objetivo es "luchar" con los jugadores del equipo rival por la conquista de su espacio. Por el contrario, en acciones defensivas, la "lucha" se produce por la recuperación de la posesión de balón.

Respecto al índice de fatiga muscular, se ve como en las dos poblaciones los valores aumentan de una evaluación a otra. Aunque las diferencias estadísticamente significativas únicamente se pueden encontrar en el cuádriceps de ambas rodillas de los delanteros (Tabla 20).

El test isocinético consiste en la realización de fuerza máxima durante el número de repeticiones que dura la evaluación. Si tenemos en cuenta que la fuerza resistencia es la capacidad para ejecutar muchas repeticiones contra una oposición durante un periodo concreto de tiempo (Bompa, 2000), una buena forma de haber disminuido la fatiga de una evaluación a otra, hubiera sido mejorar el rendimiento en dicha manifestación de la fuerza.

El aumento que podemos observar en el índice de fatiga muscular (tabla 20), puede ser debido a la descompensación que existe en la preparación física específica propuesta para cada población. El hecho de que los delanteros fundamenten su juego en el contacto y no en los desplazamientos, ha podido influir en que el entrenamiento de fuerza haya sido orientado en mayor medida a la fuerza máxima que a la fuerza resistencia, situación que les ayuda a poseer mayor fuerza en momentos concretos del juego, pero no a mantenerla durante periodos prolongados.

Por el contrario, en los tres cuartos, los desplazamientos son la parte fundamental del entrenamiento específico (resistencia y velocidad), estando en un segundo plano el desarrollo de la fuerza tanto máxima como resistencia.

El escaso desarrollo de la fuerza resistencia en el periodo de tiempo comprendido entre ambas evaluaciones, puede ser la causa del incremento de la fatiga muscular en ambas poblaciones.

Las diferencias encontradas entre las dos poblaciones, muestran que aunque la fatiga ha aumentado en ambas, el mayor incremento se ha producido en los delanteros, dotados de una menor capacidad aeróbica.

A su vez, el hecho de que el índice de fatiga, la frecuencia cardiaca o el consumo de oxígeno dependan directamente del ejercicio realizado (trabajo), implica que cada evaluación será diferente dependiendo de la intensidad a la que se ejecute. Por ello, el aumento de estos tres valores de la primera a la segunda evaluación, pudo haber sido debido al mayor trabajo desarrollado en la segunda evaluación isocinética.

Otro factor importante que ha podido influir en los resultados es que, entre la primera y la segunda evaluación, se perdieron las posibilidades y expectativas de ascenso. Según algunos autores (Dietrich, 1973; Matveev, 1980; Greenwood, 1993; Smith, 1997; Weineek, 1998), la planificación realizada para desarrollar las cualidades físicas a lo largo de la temporada, está condicionada a los objetivos planteados al principio de la misma, pudiendo producirse modificaciones dependiendo de las variaciones en dichos objetivos. El equipo evaluado comienza la temporada con un objetivo claro,

ascender a División de Honor "A". A mitad de la misma, pierde todas las opciones y se encuentra en una situación en la que no existe ningún tipo de objetivo, ya que no están involucrados ni en la lucha por el ascenso y ni por evitar el descenso. De esta manera, la planificación de la preparación física, da un giro de 180° y el proceso se convierte en un mero mantenimiento de las aptitudes adquiridas. Este sistema de entrenamiento orientado únicamente al mantenimiento, lo contempla Álvarez (1987) para equipos sin ningún tipo de aspiraciones. El proceso consiste en adquirir durante el periodo preparatorio un nivel físico concreto, que será mantenido a lo largo de la temporada, produciéndose a medio largo plazo una ligera mejoría, pero sin llegar a ser significativa. Si tenemos en cuenta que en el caso del Oviedo Rugby, este proceso se llevó a cabo en el momento que las pretensiones del equipo ya no podían llegar a su fin (diciembre), nos encontramos que la evolución encontrada en el trabajo, frecuencia cardíaca o consumo de oxígeno (Tablas 21, 27 y 30) en la segunda evaluación, son similares a los marcados por el método de entrenamiento propuesto por Álvarez (1987).

5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÚSCULO CUADRICEPS Y LOS MÚSCULOS ISQUIOTIBIALES

5.3.1. TRABAJO MUSCULAR

Comparando los dos grupos musculares involucrados en la evaluación isocinética, se aprecia que el trabajo producido por el cuadriceps es superior al obtenido por los isquiotibiales, apareciendo diferencias estadísticamente significativas en todos los casos (Tabla 25), estos datos coinciden con estudios realizados por Wit y Cols. (1993), Kruger y Cols. (1993), Russell y Cols. (1995), Zakas y Cols. (1995), Aagaard y Cols. (1996), Koutedakis y Cols. (1997) o Kraemer y Cols. (2001). Si se tiene en cuenta, que en algunos deportes como es el caso del rugby, la fuerza que puede realizar un jugador es fundamental para el desarrollo del encuentro; y sabiendo que el músculo cuadriceps es protagonista en la mayoría de las acciones de juego (touche o melés), esta podría ser una de las razones de la

superioridad manifiesta mostrada por dicha musculatura. Autores como Kruger y Cols. (1993), Best (1996) o Koutedakis y Cols. (1995, 1997), corroboran estos datos.



Figura 37: Lucha constante por la conquista del balón.

Por otra parte, analizando la evolución de cada musculatura a lo largo de la temporada, se observa que aunque el cuádriceps siguen obteniendo unos valores superiores a los de los isquiotibiales en la segunda evaluación, estos últimos, son los que logran un porcentaje de aumento superior (Tabla 25), sobre todo en el caso de los tres cuartos. Estos datos coinciden con un estudio realizado por Kawabata y Cols. en el año 2000.

En el rugby, las demandas fisiológicas de un jugador durante un partido están influenciadas por la táctica, la técnica y la condición física. De esta manera, los jugadores tienen distintas necesidades de entrenamiento. Por ello, parte de la preparación física se lleva a cabo de forma individualizada, enfocando el entrenamiento a la mejorar de las cualidades tanto fuertes como débiles del jugador.

La explicación a este aumento en los tres cuartos, podría deberse a las necesidades físicas de estos dentro del terreno de

juego. Analizando detenidamente los requerimientos físicos de los tres cuartos a lo largo de un encuentro, observamos que la cualidad física más importante que poseen es la velocidad (Docherty y Cols., 1988). De esta manera, al examinar detalladamente la técnica de carrera de los mismos, se puede advertir como los músculos isquiotibiales (fundamentalmente), el glúteo mayor y el aductor mayor son los músculos más determinantes en la misma (Mero y Cols., 1992; Wiemann y Cols., 1995).



Figura 38 y 39: Encuentro Oviedo R.C. – Salamanca R.C.

5.3.2. INDICE DE FATIGA

En la tabla 24, se puede observar como en la primera evaluación la fatiga producida tanto en los delanteros como en los tres cuartos es mayor en los músculos isquiotibiales que en el cuádriceps. En la segunda evaluación, se produce un aumento de los valores de fatiga, tanto en los isquiotibiales como en el cuádriceps, siendo superior en el cuádriceps de ambas poblaciones.

El sistema de entrenamiento desarrollado en el último periodo de la temporada, ha podido influir directamente en que la musculatura más fatigada en la segunda evaluación haya pasado de ser los músculos isquiotibiales a ser el cuádriceps. Esto es debido a que la cualidad física más entrenada en este periodo es la velocidad, lo cual ha provocado un aumento de la fuerza de los isquiotibiales (Wiemann y Cols., 1995; Mero y Cols., 1992), haciendo que la fatiga

acumulada en esta evaluación no haya aumentado en la misma proporción que la de la musculatura del cuádriceps.

5.4. DIFERENCIAS ENTRE EL TEST DE ESFUERZO Y EL TEST ISOCINÉTICO

El estudio realizado nos ha permitido analizar la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno o el índice de fatiga de los jugadores de rugby mediante dos test con un protocolo totalmente diferente (un test de esfuerzo basado en la realización del test de Conconi en un tapiz rodante y un test isocinético realizado en el dinamómetro isocinético Kin-Com).

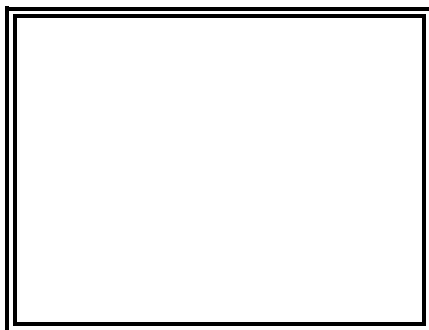


Figura 40: Test de esfuerzo.



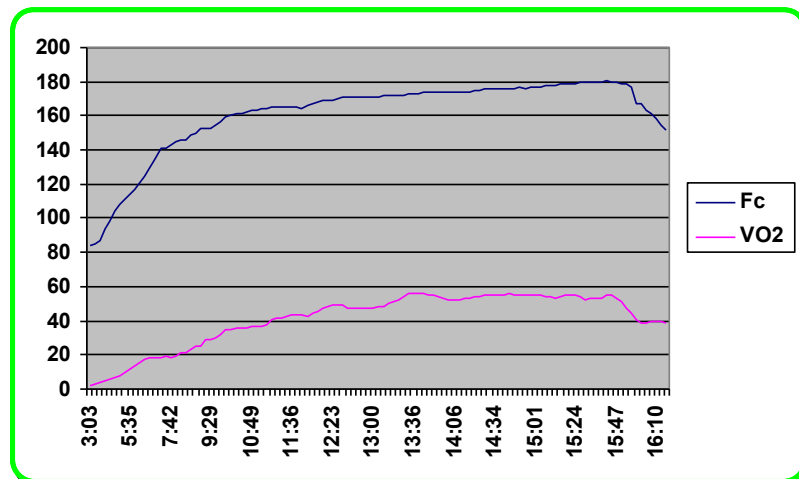
Figura 41: Test isocinético.

Los valores numéricos tanto de la frecuencia cardíaca máxima (188.92 pulsaciones por minuto para los delanteros y 185.33 para los tres cuartos), como del consumo máximo de oxígeno obtenidos durante la prueba de esfuerzo (51.77 ml./kg./min. para los delanteros y 59.68 ml./kg./min. para los tres cuartos) son similares a los logrados por otros autores en estudios realizados mediante el mismo protocolo (Urraca, 2000; Reilly, 1990; Coutts y Cols., 2003; Takarada, 2003). Comparando estos valores (VO_2 y Fc.) con los obtenidos en el test isocinético, se encontró que las diferencias son manifiestas en las variables objeto de estudio (frecuencia cardíaca: Tabla 26, consumo de oxígeno: Tabla 29 y test de esfuerzo: Tabla

32), existiendo una superioridad notoria en los valores logrados en el test de esfuerzo.

En las gráficas 9, 10 y 11 se puede observar la evolución tanto de la frecuencia cardiaca como del consumo de oxígeno en el test de esfuerzo y en la evaluación isocinética.

Analizando los resultados del test de esfuerzo, representados en la gráfica 9, se puede apreciar que la frecuencia cardiaca aumenta de forma lineal en relación con la intensidad de ejercicio realizado, hasta un punto en el que pierde dicha linealidad, aunque el trabajo siga aumentando. El punto en el que la frecuencia cardiaca pierde su linealidad (llamado punto de ruptura) correspondería al umbral anaeróbico (Conconi, 1982). En el caso del consumo de oxígeno, llega un momento en que a pesar de incrementar la intensidad del ejercicio, no sigue aumentando, se hace estable y entra en una fase denominada meseta, pudiendo llegar a producirse en algunas ocasiones un ligero descenso. El valor encontrado para el consumo de oxígeno en ese punto de cambio se denomina, consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) o potencia aeróbica máxima (PAM) (Chicharro y Col., 1991).

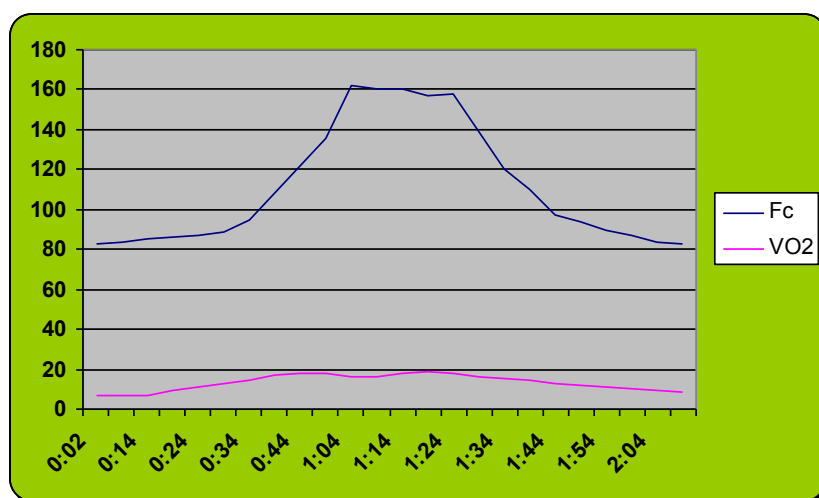


Gráfica 9: Representación gráfica del Test de Esfuerzo.

Fc: Frecuencia cardiaca.

VO2: Consumo de oxígeno.

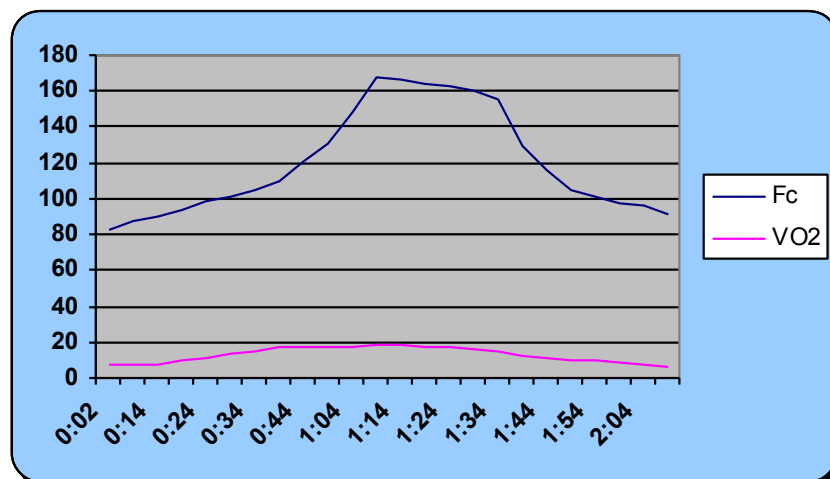
Como se puede observar en las gráficas realizadas con los resultados de la prueba isocinética (10 y 11), la tendencia de la curva de frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno, es parecida a la del test de Conconi (Gráfica 9). Así, una vez comenzada la prueba, se produce un aumento lineal y progresivo de los valores en relación al trabajo realizado, aunque sin llegar a alcanzar el llamado punto de ruptura correspondiente al umbral anaeróbico en el caso de la frecuencia cardiaca, o la meseta (VO_2 máx.) en el caso del consumo de oxígeno.



Gráfica 10: Articulación de la rodilla derecha en la Prueba Isocinética.

Fc: Frecuencia cardiaca.

VO2: Consumo de oxígeno.



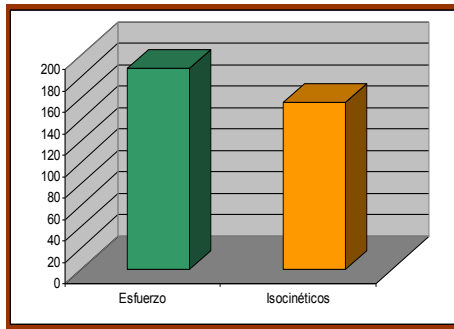
Gráfica 11: Articulación de la rodilla izquierda en la Prueba Isocinética.

Fc: Frecuencia cardiaca.

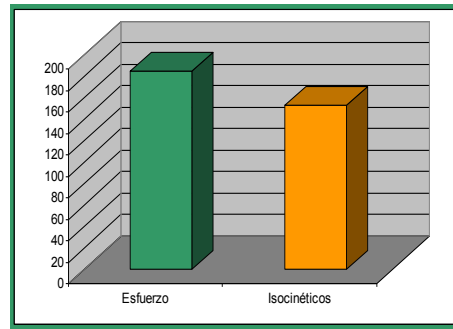
VO2: Consumo de oxígeno.

Más concretamente, se puede observar como la tendencia del consumo de oxígeno sigue una linealidad ascendente similar a la prueba de esfuerzo. Respecto a la frecuencia cardiaca, también se produce un ascenso lineal de los valores, pero en este caso de una manera más brusca que en la prueba de esfuerzo. En ninguna de las dos variables se llega a alcanzar unos valores tan elevados como en el test de Conconi.

Las diferencias entre la frecuencia cardiaca máxima obtenida en el test de esfuerzo (Delanteros: 188,92; Tres Cuartos: 185,33) y la prueba isocinética (Delanteros: 156,31 rodilla derecha; 153,17 rodilla izquierda; Tres cuartos: 153,17 rodilla derecha; 153,83 rodilla izquierda), se pueden observar en las gráficas 12 y 13.

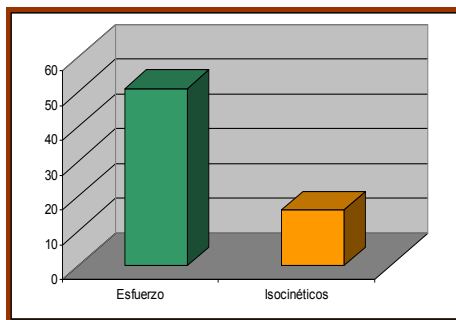


Gráfica 12: Frecuencia Cardiaca Delanteros.

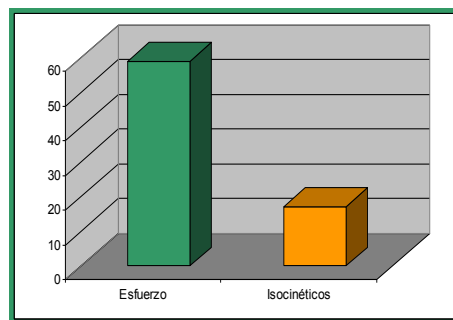


Gráfica 13: Frecuencia Cardiaca Tres Cuartos.

En relación con el consumo máximo de oxígeno, las gráficas número 14 y 15 muestran las diferencias existentes entre los valores numéricos obtenidos en el test de esfuerzo (Delanteros: 51,77; Tres Cuartos: 59,68) y la prueba isocinética (Delanteros: 16,58 rodilla derecha; 17,30 rodilla izquierda; Tres cuartos: 17,83 rodilla derecha; 18,05 rodilla izquierda), pudiendo observar que son más amplias que las encontradas en la frecuencia cardiaca.



Gráfica 14: Consumo de Oxígeno Delanteros.



Gráfica 15: Consumo de Oxígeno Tres Cuartos.

Partiendo de esta comparativa, las diferencias existentes, pueden ser debidas a causas diferentes.

Por una parte, el tiempo de ejecución de cada uno de los test, ha podido influir directamente en los resultados obtenidos. Los protocolos existentes para la obtención del consumo máximo de oxígeno, tienen una duración comprendida entre los 8 y los 12 minutos, tiempo en el que consiguen llevar los órganos y sistemas de una manera progresiva e incremental hasta sus valores fisiológicos máximos. Un protocolo más corto, quizás no logre obtener los valores máximos y un protocolo más largo, causaría una fatiga que le impediría obtener un esfuerzo máximo (Bangsbo, 1994). Si se tiene en cuenta que el test isocinético únicamente tiene una duración de un minuto (para cada rodilla), los consumos no llegan a alcanzar unos valores tan elevados como los obtenidos en el test de esfuerzo.

La vía energética utilizada en cada una de las pruebas, será un factor decisivo a la hora de comparar el consumo de oxígeno requerido para su realización. El test de esfuerzo puede englobarse en una prueba aeróbica, lo cual quiere decir que conforme aumenta la intensidad del ejercicio, aumenta la necesidad de consumir oxígeno, lo que se traduce en un aumento lineal del consumo de oxígeno. Por el contrario, el protocolo establecido para el test isocinético, podría incluirse dentro de los test anaeróbicos. Más concretamente aquellos que evalúan la potencia anaeróbica láctica, cuya duración aproximada es de unos 60 segundos (Álvarez del Villar en 1985).

La intensidad de la prueba, influirá directamente en los niveles alcanzados en la frecuencia cardiaca. El test de esfuerzo se caracteriza por ser una prueba en la que la intensidad aumenta de una forma gradual hasta que el sujeto ya no es capaz de soportar dicha intensidad y se ve en la obligación de detenerse. Los valores van desde la frecuencia cardiaca basal hasta el 100% de su capacidad máxima y hacen que la frecuencia cardiaca aumente de forma lineal hasta alcanzar el llamado punto de ruptura en relación con el trabajo realizado. Por el contrario, el test isocinético es una prueba en la que la intensidad utilizada oscila en todo momento en aproximadamente un 80 y un 100% de su capacidad máxima, lo que hace que los valores numéricos se disparen desde un primer momento.

Otro factor que ha podido influir directamente en la disparidad de resultados obtenidos entre las dos pruebas es la diferencia de musculatura implicada en la ejecución de cada una de ellas. La

prueba de esfuerzo, al ser una actividad realizada mediante un gesto global, implica que la musculatura involucrada esta comprendida entre el 50 y el 100%. Por el contrario, en la evaluación isocinética, al ser realizada mediante un gesto local (musculatura de la articulación de la rodilla), está implicada menos de 1/3 de la masa muscular. Según González-Gallego (1992), el tanto por ciento de musculatura implicada en la realización de una evaluación influye directamente en el VO_2 obtenido en la misma, siendo preciso para obtener el consumo máximo de oxígeno que la musculatura implicada sea superior al 50%. Un ejemplo en el que se aprecia claramente esta diferencia entre los valores numéricos obtenidos dependiendo de la musculatura implicada, es el estudio realizado por Jacobs y Sjödín en 1985, en el que se afirma que el consumo máximo de oxígeno obtenido en una prueba de esfuerzo es un 10% menor si se realiza mediante un cicloergómetro, en comparación al obtenido en un tapiz rodante. Teniendo en cuenta estos datos, es posible que las diferencias encontradas en estos dos test estén influidas (al menos en parte) por esta descompensación en la musculatura implicada.

Y por último el aparataje y protocolo llevado a cabo. El test de esfuerzo se ha realizado en una cinta sin fin, mediante un protocolo que se caracteriza por un incremento progresivo de la carga hasta que el sujeto no puede mantener el ritmo fijado por el agotamiento (tiempo ilimitado) y en el test isocinético, el protocolo establece una velocidad constante durante un número de repeticiones concretas (tiempo limitado). Nos encontramos que llegar al máximo consumo de oxígeno, o a la máxima frecuencia cardíaca está prácticamente garantizado en el test de esfuerzo, pero en el test isocinético, los valores numéricos obtenidos estarán condicionados por el número de repeticiones establecidas, logrando por ello un tanto por ciento determinado del consumo de oxígeno máximo o de la frecuencia cardíaca máxima. Sin embargo, se pretendía realizar un esfuerzo monoarticular alto, para conseguir la fatiga en un tiempo corto, acercándonos así al gesto específico de esta modalidad deportiva.

Estas diferencias existentes entre la musculatura implicada, el tiempo de ejecución, el aparataje o el protocolo utilizado, han podido influir directamente en que en los resultados no llegue a existir ningún tipo de correlación entre las tres variables estudiadas (frecuencia cardíaca, consumos de oxígeno y fatiga muscular). Aunque es preciso mencionar que en el caso de los valores numéricos

de consumo de oxígeno conseguidos en la prueba isocinética, existe una relación prácticamente constante, establecida entre un 30 - 40% de los valores obtenidos en el test de esfuerzo.

Partiendo del hecho de que no se tiene constancia de la existencia de algún estudio comparativo entre un test isocinético y una prueba de esfuerzo, hemos encontrado un estudio realizado por Ozcakar y Cols. en 2003 en el cual se realiza una comparativa entre la fatiga de la musculatura de la rodilla producida en una evaluación mediante un test isocinético y la producida en una prueba de máxima velocidad (sprint). En este estudio, al igual que en el efectuado por los jugadores de rugby del Oviedo, tampoco se encontraron ningún tipo de correlaciones.

Finalmente, reseñar que una investigación de estas características es de gran utilidad tanto para el entrenador como para el preparador físico del equipo, ya que gracias al protocolo establecido, se obtienen datos suficientes (índice de fatiga, trabajo, consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca), como para conocer la evolución de un deportista a lo largo de la temporada y de esta manera realizar estudios comparativos entre jugadores, posiciones o equipos.

6. CONCLUSIONES



1. Las características cineantropométricas de cada una de las poblaciones viene determinada por las necesidades propias de cada uno de ellos dentro del terreno de juego.
2. Los requerimientos técnicos y tácticos del jugador de rugby dentro del terreno de juego determinan sus demandas físicas, estando más desarrollada la resistencia o la velocidad en los tres cuartos y la fuerza en los delanteros.
3. El trabajo desarrollado por la musculatura flexo-extensora de la rodilla es mayor en los delanteros que en los tres cuartos. Esta diferencia se debe fundamentalmente a acciones de empuje relacionadas con la melé.
4. En el conjunto de las evaluaciones realizadas el índice de fatiga se situó entre $35,13 \pm 8,92$ y $42,54 \pm 8,55$. Este índice fue mayor en los Delanteros que en los Tres Cuartos.
5. La fuerza desarrollada por el cuádriceps es mayor que la de los isquiotibiales.
6. El entrenamiento a lo largo de la temporada:
 - Produce cambios en las características cineantropométricas, fundamentalmente descenso del peso graso.
 - Mejora del trabajo muscular.
 - Influye en la capacidad aeróbica de los jugadores, disminuyendo la frecuencia cardíaca y aumentando el consumo de oxígeno.

- No provoca modificaciones en el índice de fatiga.
7. El consumo máximo de oxígeno en la prueba isocinética de la articulación de la rodilla oscila entre el 30 y el 40% del obtenido en la prueba de esfuerzo.

7. BIBLIOGRAFÍA



Adamopoulos S, Ponikowski P, Cerquetani E, Pieloli M, Rosano G, Sleight P, Coats AJ. Circadian pattern of heart rate variability in chronic heart failure patients: Effects of physical training. *European Heart Journal*. 1995; 16: 1380-1391.

Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1996; 156: 123-129.

Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *The American Journal of Sport Medicine*. 1998; 26: 231-237.

Airaksinen O, Rantanen P, Sihvonen T, Airaksinen K, Hanninen O, Herno A. Monitoring of muscle fatigue during isokinetic exercise. *Acupunct Electrother Res*. 2001; 26: 253-61.

Alijarde M, Vidal J, Venancio P. Indicaciones y Técnicas actuales de la prueba de esfuerzo. *Normas de actuaciones clínicas en cardiología. Sociedad Española de Cardiología*. 1996; 1: 384-393.

Álvarez Del Villar C. La preparación física del fútbol basada en el atletismo. Editorial Gymnos, Madrid. 1987.

Andrew GM, Guzman CA, Becklake MR. Effect of athletic training on exercise cardiac output. *Journal of Applied Physiology*. 1966; 21: 603.

Arenas Posadas JA. ¿Qué es rugby?. *Federación Española de Rugby*. 1995; 38.

Astrand PO, Rodahl K. Fisiología del trabajo físico. Editorial Médica Panamericana. 1992.

Astrand PO, Rodahl K, Dahl H, Stromme S. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. *Human Kinetics*. 2003.

Aunola S, Rusko H. Aerobic and anaerobic thresholds determined from venous lactate or from ventilation and gas exchange in relation to muscle fiber composition. *International Journal of Sport Medicine*. 1986; 7: 161-166.

Ayerra Poyal I, Ayerra Opoyal A. Rugby. *Archivos Medicina Deporte*. 1989; 22: 203-205.

Badadán M, Palacios N. Adaptación del sistema cardiovascular al ejercicio. *Salud interactiva*. 2000.

Baltzopulos V, Williams JG, Brodie DA. Sources of error in isokinetic dynamometry: effects of visual feedback on maximum torque measurements. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 1991; 13: 138-142.

Bale P. The relationship of somatotype and body composition to strength in a group of men and women sport science students. In *Perspectives in Kineanthropometry*. Champaign, IL: Human Kinetics. 1986; 187-197.

Ballesteros Massó R, Gómez R, Jumilla JL, Chacón M, González M, Melguizo C, Vélez C, Prados JC, Vicente JR. *Traumatología y medicina deportiva: Bases de la medicina del deporte*. Paraninfo. Madrid. 2002; 131-138.

Bangsbo J. Demandas de energía en el fútbol competitivo. *Journal of Sport Sciences*. 1994; 12: 5-12.

Bangsbo J. Yo-Yo Tests of practical endurance and recovery for soccer. *Performance conditioning for soccer*. 1996; 9: 8.

Barbany JR. *Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. Barcanova. Barcelona. 1990.

Bell W, Cobner D, Cooper SM, Philips SJ. Anaerobic performance and body composition of international rugby union players. (In: Reilly T, Clarys J, Stibbe A, editors). *Science and football II*. London. 1993; 15-20.

Bell W. Body composition and maximal aerobic power of rugby union forwards. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1980; 20: 447-451.

Bernard T, Giacomoni M, Gavarry O, Seymat M, Falgairette G. Time of day effects in maximal anaerobic leg exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1998; 77: 133-138.

Best MT, Garret WE. Hamstrings Strains: Expediting Return to Play. *The Physician and Sports Medicine*. 1996; 24.

Boenne P, Prevot M, Ginet J. Somatotype de sportif de haut niveau: Resultats dans huit disciplines differentes. *Medicine du Sport*. 1980; 54: 309-318.

Bompa TO. *Theory and Methodology of Training: The Key to Athletic Performance*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company. 1983; 17-33.

Bompa TO. *Periodización del entrenamiento deportivo*. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2000.

Bond V, Kresham K, Balkissoon B, Tuckson L, Caprarola M, Johnson D, Bartley D. Effects of sleep deprivation on muscle function during an isokinetic contraction. *Journal of sports medicine and physical fitness*; Torino. 1988; 28: 1-6.

Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitative Medicine*. 1970; 2-3: 92-98.

Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T, Sutton JR, McPherson BD. *Exercise, fitness and health*. Human kinetics. Champaign, Illinois. 1990; 3-28.

Bravo Berrocal R. *Fundamentos anatómico-fisiológicos del cuerpo humano aplicados a la Educación Física I*. Aljibe S.L. Archidona (Málaga). 1998.

Brewer J, Davis J. Applied physiology of rugby league. *Sports Medicine*. 1995; 20: 129-35.

Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1991; 23: 895-906.

Buchner DM, Beresford SAA, Larson EB, La Croix AZ, Wagner EH. Effects of physical activity on health status in older adults II: Interventions studies. *Annual Review of Public Health*. 1992; 13: 469-488.

Burnie J. Factors affecting selected reciprocal muscle group ratios in preadolescents. *International Journal of Sport Medicine*. 1987; 8: 40-45.

Cabillón CM. El uso de la actividad física como prevención en salud. *Revista Digital*. Buenos Aires. 2001; 7.

Calmels P, Van Den Borne I, Nellen M, Domenach M, Minaire P, Drost M. A pilot study of knee isokinetic strength in young, highly trained, female gymnasts. *Isokinetics and Exercise Science*. 1995; 5: 69-74.

Calvi J, Minkévich O. Para un glosario y una epistemología de la Educación Física. Editorial Eurisko. Buenos Aires. 1995.

Campo del J. La resistencia en el baloncesto. Curso de actualización en el entrenamiento de la Resistencia. Avilés. 2002.

Canda-Moreno A, Cabanero M, Millan M, Rubio S. Perfil antropométrico del equipo nacional español de Rugby: Comparación entre los puestos de juego. *Medicina dello sport*. 1998; 51: 29-39.

Carlson B, Lindsay J, Patterson P, Petti K, Orfanos SM, Noffar GJ. Physique and motor performance characteristics of US national rugby players. *Journal of Sport Sciences*. 1994; 12: 403-12.

Casagrande G, Viviani F. Somatotype of Italian rugby players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1993; 33: 65-9.

Cazorla G, Léger L, Marini JF. Les epreuves d'effort en physiologie: epreuves et mesures du potencial anaerobie et aerobie. INSEP. 1984; 7: 82-120.

Cazorla G, Rohr G. L'evaluation en football. L'evaluation en activité physique et en sport. Guadalupe. 1990.

Chicharro JL, Fernández A. Fisiologia del ejercicio. Editorial médica Panamericana. Madrid. 2001.

Chicharro JL, Legido JC. Umbral Anaeróbico. Bases fisiológicas y aplicación. Interamericana – McGraw - Hill, Madrid. 1991.

Cometti G. Le basi scientifiche del potenziamento muscolare. Rivista di Cultura Sportiva X. 1991; 23: 9-17.

Conconi F, Ferrari M, Ziglio P, Droghetti P, Codewica L. Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. Journal of Applied Physiology. 1982; 52: 869-873.

Cooper KH. Aerobic: Ejercicios aeróbicos. Editorial Diana. México. 1994.

Córdova Martínez A. La fatiga muscular en el rendimiento deportivo. Editorial Síntesis. Madrid. 1997.

Costill D, Maglischo E, Richardson A. Swimming. Champaign, Human Kinetics Publishers. 1992; 172-174.

Coutts A, Reaburn P, Abt G. Heart rate, blood lactate concentration and estimated energy expenditure in a semi-professional rugby league team during a match: a case study. Journal of Sport Sciences. 2003; 21: 97-103.

Cureton ICJ, Sparling PB. Distance running performance and metabolic responses to running in men and woman with excess weight experimentally equated. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1980; 12: 288-94.

Cymerman A, Reeves JT, Sutton RJ, Rock PB, Groves BM. Operation Everest II: maximal oxygen uptake at extreme altitude. *Journal of Applied Physiology*. 1989; 5: 2446-2453.

Dacres-Mannings S. Antropometry of the NSW Rugby Union Super 12, Australian. Conference of Science and Medicine in Sport. Adelaide Poster Abstract. 1998; 13-16.

Dalton L, Mcnanghton L, Davoren B. The cycles circadian doesn't affect to the yield in cyclists. *Sports Medicine*. 1997; 18: 538-542.

Daniels J, Scardina N, Hayes J, Foley P. Variations in $\dot{V}O_2$ submax. during treadmill running. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 1984; 16: 108 -110.

Delitto A. Isokinetic dynamometry. *Muscle & Nerve*. 1990; 53-57.

Dernus B, Fraise F. Exploration du metabolisme énergétique chez le sportif de haut niveau. *INSEP*. 1990; 1-70.

Deutsch MU, Maw GJ, Jenkins D, Reaburn P. Heat rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *Journal of Sport Sciences*. 1998; 16: 561-570.

Dick Frank W. Principios del Entrenamiento Deportivo. Barcelona, España: Editorial Paidotribo, S.A. 1994; 248-250, 341, 361-371.

Dietrich H. Teoría del entrenamiento deportivo. Berlín. 1973.

Docherty D, Wenger HA, Neary P. Time motion analysis related to the physiological demands of rugby. *Journal Human; Movement Studies*. 1988; 14: 269-277.

Dupont G, Akakpo K, Berthoin S. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2004; 18: 584-9.

Duthie G, Pyne D, Hooper S. Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sport Medicine*. 2003; 33: 973-91.

Duvallet A, Louassi BYL, Carzon J, Rieu M. Heart rate during functional isokinetic testing of muscle. *Isokinetics and exercise science* (Stoneham, Mass.). 1993; 3: 188-194.

Elmhandi L, Feasson L, Camdessanche JP, Calmels P, Gautheron V. Isokinetic assessment of muscular strength in subjects with acute inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *Annales de réadaptation et de médecine physique*. 2004; 47: 209-16.

Esperanza Ros F. Manual de cineantropometría. Pamplona. Editado por FEMEDE. 1993.

Evans WJ. Exercise, nutrition and aging. *Clinics in Geriatric Medicine*. 1995; 11: 725-734.

Favero TG, Zable AC, Bowman MB, Thompson A, Abramson JJ. Metabolic products inhibit sarcoplasmic reticulum Ca^{+2} release and [3H] ryanodine binding. *Journal of Applied Physiology*. 1995; 78: 1665-72.

Favero TG, Zable AC, Colter JJ, Abramson JJ. Lactate inhibits Ca^{+2} -activated Ca^{+2} -channel activity from skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *Journal of Applied Physiology*. 1997; 82: 447-52.

Fernández-García B, Terrados N. La fatiga del deportista. Editorial Gymnos. Madrid. 2004.

Fernández JM, Diego AM. Hormonas y ejercicio. En González Gallego, J. Fisiología de la actividad física. Interamericana-MacGraw-Hill. 1993; 95-128.

Ferrero Cabedo JA, García L, López V. Pruebas de esfuerzo. Consejería de cultura, Educación y Ciencia de la Generalidad Valenciana. 1989.

Fiatarone MA, Evans WJ. The etiology and reversibility of muscle dysfunction in the aged. *Journal of Gerontology*. 1993; 48: 77-83.

Fidelus. Atlas de ejercicios físicos para el entrenamiento. Madrid, INEF. 1989.

Fitts RH. Cellular mechanism of muscle fatigue. *Physiological Reviews*. 1994; 74: 49-94.

Fletcher GF, Balady G, Froelicher VF, et al. Exercise standards: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association writing group. *Circulation*. 1995; 91: 580-615.

Foodfellow J, Hungerford DS, Zinder M. Potello femoral joint mechanics and pathology. *J Bone Jout Surg*. 1976; 58: 287-290.

Forteza A. Entrenamiento Deportivo. Alta Metodología: Carga y Estructuración del Entrenamiento Deportivo. ISCF .M. FAJARDO. C. Habana. 1997.

Froese EA, Houston ME. Torque – velocity characteristics and muscle fiber type human vastus lateralis. *Journal of Applied Phisiology*. 1985; 59: 309-314.

Fry RW, Morton AR. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1991; 23: 1297-1301.

Gabbett TJ, Physiological and anthropometric characteristics of amateur rugby league players. *British journal of sports medicine*. 2000; 34: 303-7.

García J. Aplicaciones tecnológicas para la valoración biomecánica del salto vertical y la evaluación funcional de un umbral anaeróbico en fútbol. Tesis doctoral. Universidad de León. 2000.

García Manso JM. Alto rendimiento. La adaptación y la excelencia deportiva. Gymnos, Madrid. 1999.

García Manso JM, Navarro Valdivielso M, et al. Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Madrid, Gymnos. 1996.

García Manso JM, Navarro Valdivielso M, Ruíz Caballero JA. Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte. Gymnos. Madrid. 1996.

García Manso JM. La velocidad. Madrid, Gymnos. 1998.

García Manso JM, Navarro Valdivieso M, Ruiz Caballero JA. Planificación del entrenamiento deportivo. Editorial Gymnos. Madrid. 1996; 2: 34-45.

García Verdugo M, Leibar X. Entrenamiento de la Resistencia de los corredores de medio fondo y fondo. Madrid, Gymnos. 1997.

Georges A, Brooks F, Thomas D, Fahey F. Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications. London, McMillan, New York. 1985.

Gleeson NP, Mercer TH. The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle. Sports Medicine. 1996.

González Badillo JJ, Gorostiaga Ayestarán E. Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza. Barcelona, INDE. 1995.

González-Gallego J. Fisiología de la actividad física y del deporte. McGraw Hill-Interamericana. Madrid. ISBN. 1992.

González Martín M. Respuesta metabólica al ejercicio. Revista Digital. Buenos Aires. 2000; 5.

Gordon NF, Kohl HW. Exercise testing and sudden cardiac death. Journal cardiopulmonary Rehabilitation. 1993; 13: 381-386.

Green H.J. Neuromuscular aspects of fatigue. En Canadian Journal Sport Science. 1987; 12: 000S-000S.

Greenwood J. Rugby Total. Editorial Rogar, S.A. Madrid. España. 1993.

Grosser M. Entrenamiento de la velocidad. Martínez Roca. Barcelona. 1992.

Groser M, Brüggemann P, Zintl F. Alto Rendimiento Deportivo: Planificación y Desarrollo. Ediciones Martínez Roca, S.A. Barcelona, España. 1989; 12-18, 32-48.

Grosser M, Hermann H, Tusker F. El movimiento deportivo. Bases anatómicas y biomecánicas. En: Martínez Roca (Ed.), Barcelona. 1991; 102-170

Grosser M, Starischka S, Zimmermann E. Principios de Entrenamiento Deportivo. Ediciones Martínez Roca, S.A. Barcelona, España. 1988; 39-48.

Gur H, Akova B, Kucukoglu S. Continuous versus separate isokinetic test protocol: the effect of estradiol on the reproducibility of concentric and eccentric isokinetic measurements in knee muscles. Archives of physical medicine and rehabilitation (Philadelphia). 1999; 80: 1024-1029.

Gur H, Cakin N. Muscle mass, isokinetic torque, and functional capacity in women with osteoarthritis of the knee. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2003; 84: 1534-41.

Gutiérrez Dávila M. Biomecánica deportiva. Editorial Síntesis. 1998.

Hauswirth C, Bigard X, Le Chevalier JM. The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. International Journal of Sport Medicine. 1997; 18: 449-453.

Hazeldine R, McNab T. Fit for rugby. London. Kingswood Press. 1991.

Harre D. Teoría del entrenamiento deportivo. Buenos Aires, Stadium. 1987.

Hegedüs J. Teoría General y Especial del Entrenamiento Deportivo. Stadium. Buenos Aires. 1984.

Hegedüs J. Teoría y Práctica de la Resistencia. C. D. & Books. Buenos Aires. 1996.

Hickson RC, Foster C, Pollock ML, Galassi TM, Rich S. Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. Journal of Applied Physiology. 1985; 58: 492-499.

Hinson MN, Smith WC, Funk S. Isokinetics: a clarification. *Research Quarterly*. 1979; 50: 30-35.

Hislop HJ, Perrine JJ. Isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy*. 1967; 47: 114-117.

Hollmann W, Hettinger Th. *Sportmedizin - Arbeits - und Trainingsgrundlagen*. Schattauer, Stuttgart. 1990.

Holmyard DJ, Hazeldine RJ. Seasonal variations in the anthropometric and physiological characteristics of international rugby union players. In: Reilly, T.; Clarys, J.; Stibbe, A. editors. *Science and football II*. London: E & F.N. Spon. 1993; 21-6.

International Rugby Board. *Reglamento del juego*. IRB. Londres. 2001.

Ivy JL, Withers RL, Brose G, Maxwell BD, Costill DL. Isokinetic contractile properties of the quadriceps with relation to fiber type. *European Journal of Applied Physiology*. 1991; 47: 247-255.

Jacobs I, Sjödín B. Relationship of ergometer-specific VO_2 máx. and muscle enzymes to blood lactate during sumaximal exercise. *Journal Sports Medicine*. 1985; 19: 77-80.

Jardine MA, Wiggins TM, Myburgh KH, et al. Physiological characteristics of rugby players including muscle glycogen content and muscle fibre composition. *South African Medical Association*, 1988; 73: 529-32.

Jimenez R, Mendiluce J, Estolaza J. *Estudio fisiológico sobre el Fútbol*. Edit. Federación Gipuzkoana de Fútbol. San Sebastián. 1993.

Jari Pinyol C. *Agenda Paidotribo del Deportista*. Editorial Paidotribo, S.A. Barcelona, España. 1994.

Jones A, Doust J. Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. *International Journal of Sports Medicine*. 1995; 16: 541-544.

Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance. Implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sport Medicine* 1994; 11-18.

Karpman VL, Belotserkovski ZB, Gudkov IA. *Testagem em Medicina Esportiva*. Moscou: FIS. 1988.

Kawabata Y, Senda M, Oka T, Yagata Y, Takahara Y, Nagashima H, Inoue H. Measurement of fatigue in knee flexor and extensor muscles. *Acta Medica Okayama*. 2000; 54: 85-90.

Kellis E, Kellis S. Effects of agonist and antagonist muscle fatigue on muscle coactivation around the knee in pubertal boys. *Journal Electromyography Kinesiology*. 2001; 11: 307-18.

Keul J, Berg A, Lehmann M, Dickhut HH, Schmidt P, Jacob E. El músculo y la fatiga. Agotamiento y regeneración del músculo en entrenamiento y en competición. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 1987; 5: 30-37.

Khun W. Comparative analysis of selected motor performance variables in American football, rugby union and soccer players. In: Reilly t., Clarys J., Stibbe A., editors. *Science and football II*. London: E. & F.N. Spon. 1993; 62-69.

Koutedakis Y, Frischnecht R, Vrbova G, Sharp NC, Budgett R. Maximal voluntary quadriceps strength in Olympic overtrained athletes. *Medicine and Science in Sport and Exercise*. 1995; 27: 566-572.

Koutedakis Y, Frischnecht R, Murty M. Knee flexion to extension peak torque ratios and low-back injuries in highly active individuals. *International Journal of Sport Medicine*. 1997; 18: 290-295.

Kovats J, Vargas G. Fundamentals of tests for respiratory mechanic in: pulmonary function tests and their clinical applications. Budapest: Academisi. 1979; 129.

Kraemer WJ, Gardiner DF, Gordon SE, Koziris LP, Sebastianelli W, Putukian M, Newton RU, Ratamess NA, Volek JS, Hakkinen K. Differential effects of exhaustive cycle ergometry on concentric and

eccentric torque production. Journal of science and medicine in sport. 2001; 4: 301-9.

Kruger PE, Daehne HO, Dettweiler A, Loots JM. Performance scale for knee on the Cybex II isokinetic dynamometer. In, Tenenbaum G (ed.), Raz-Liebermann T (ed.) 2nd Maccabiah-Wingate International Congress on Sport and Coaching Sciences: Proceedings, Netanya (Israel), Wingate Institute. 1993; 270-281.

Kruger PE, Daehne HO, Detweiler A, Loots JM. Maximun isokinetic torque values for the knee extensors and flexors of triathletes. S.A. Journal for Research in Sport Physical Education and Recreation (Verwoerburg). 1993; 16: 41-49.

Lago J. Biomecánica del triatlón de distancia olímpica. Revista Digital. Buenos Aires. 2003; 8.

Lamb DR. Fisiología del ejercicio. Respuestas y adaptaciones. Purdue University West Lafayette, Indiana. 1989.

Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. The Journal of Sport Sciences. 1988; 6: 93-101.

Legido JC. Fatiga y entrenamiento. III Jornadas Nacionales de Medicina en Atletismo. Anamede. Pamplona. 1986; 109-120.

Lehmann M, Jacob E, Gastmann U, Steinacker JM, keul J. Unaccustomed high mileage compared to intensity training-related neuromuscular excitability in distance runners. European Journal of Applied Physiology. 1995; 70: 457-461.

Lévesque D. El Entrenamiento en los Deportes. Editorial Paidotribo, S.A. Barcelona, España. 1994; 71-76.

Li RCT, Wu Y, Maffulli N, Chan KM, Chan JLC. Eccentric and concentric isokinetic knee flexion and extension: a reliability study using the Cybex 6000 dynamometer. British journal of sports medicine (Oxford, England). 1996; 30: 156-160.

Liu JZ, Zhang L, Yao B, Sahgal V, Yue GH. Fatigue induced by intermittent maximal voluntary contractions is associated with significant losses in muscle output but limited reductions in functional MRI- measured brain activation level. *Brain Research*. 2005; 8: 1040: 44-54.

Lindinger MI, Ecker GL. Ion and water losses from body fluids during a 163 km endurance ride. *Equine veterinary journal. Supplement*. 1995; 18: 314-322.

López-Silvarrey Varela FJ, Calderón Montero FJ. Ciantropométria. En (Ed): *Manual de valoración funcional*: Legido Arce JL, Segovia Martínez J: L.-Silvarrey FJ. 1996; 53-83.

Lozano R. Entrenamiento en el Alto Rendimiento. *Clinic Nacional de Entrenadores*. 1996.

MacDougall JD. Los test de rendimiento del deportista. *Sport & Medicina*. 1993; 24-32.

MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ. Evaluación fisiológica del deportista. *Paidotribo*. Barcelona. 1995.

Mader A, Liesen HH, Philippi H, Rost H, Schurch R, Hollmann P. Zur beurteilung der sportart spezifischen ausdauerleistungsfähigkeit im labor sportarzt. *Sports Medicine*. 1976; 27: 80-88, 109-112.

Mahon AD, Marsh ML. Reliability of the rating of perceived exertion at ventilatory threshold in children. *International Journal of Sport Medicine*. 1992; 13: 161-183.

Manno R. Fundamentos del entrenamiento deportivo. Editorial *Paidotribo*. Barcelona. 1991.

Manno R. Fundamentos del Entrenamiento Deportivo. Editorial *Paidotribo S.A*. Barcelona, España. 1994; 52-71.

Maso F, Robert A. Evolution antropometriques des joueurs de l'élite du rugby francais. *Science and sports*. 1998; 14: 301-304.

Martín AD, Dinkwater DT. Variability in the measures of body fat: assumptions or technique?. *Sport Medicine*. 1991; 11: 277-288.

Matveyev L. Periodización del entrenamiento deportivo. Moscú, Radruha. 1965.

Matveev L. Fundamentos del entrenamiento deportivo. Raduga, Moscú. 1980; 21-26, 32-38, 60-85.

Maud PJ. Physiological and anthropometrics parameters that describe a rugby union team. *British journal of sports medicine*. 1983; 17: 16-23.

Maud PJ, Shultz BB. The U.S.A. National Rugby Team: a physiological and anthropometric assessment. *Physician and sport medicine*. 1984; 12: 86-94.

McArdle W, Katch F, Katch V. Fisiología del ejercicio: Energía, nutrición y rendimiento Físico. Alianza Deporte. Madrid. 1990.

McLean DA. Analysis of the physical demands of international rugby union. *Journal of Sports Sciences*. 1992; 10: 285-296.

Mebdo JJ. Glycogen breakdown and lactate accumulation during high-intensity cycling. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1993; 149: 85-90.

Meléndez A. Entrenamiento de la Resistencia Aeróbica. Editorial Alianza. Madrid. 1995.

Menchenelli C, Morandini C, Gardini F. A function model of Rugby players: determination of the characteristics of sport performance. *Journal Sports Medicine*. 1992; 10: 196-197.

Méndez D, Guerediaga X, Urraca JM. Rugby: Parámetros cinantropométricos. III Congreso de Educación Física, deporte y recreación. Lleida. 1999.

Mero A Comí PV, Gregor RJ. Biomechanics of sprint running: a review. *Sport Medicine*. 1992; 13: 15-21.

Middelton WS. Historia de la respiración. Clínica Medica Norteamericana. 1989; 3: 8.

Milhner EG. A formula da vida. Editora Desporte Soviético. 1991; 35-41.

Miller JP, Croce RV, Hutchins R. Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2000; 10: 233-9.

Molnár G, Hegedüs J, Beretervide J. Entrenamiento de la resistencia hacia la eficiencia del Entrenamiento. Montevideo. 1993.

Molnár G. Sistema Muscular y Ejercicio. Cursos y Talleres de Formación Permanente. Montevideo. 1994.

Molnár G. Fisiología del Ejercicio. Montevideo. 1995.

Molnár G. Metodología del Entrenamiento. Curso Internacional. Montevideo. 1996.

Mora V. Teoría del entrenamiento y del acondicionamiento físico. COPLEF. 1995.

Morante JC. Elaboración y validación de un programa informático interactivo de apoyo al entrenamiento deportivo. Tesis doctoral inédita. Universidad de León. 2000.

Morehouse L. Fisiología del ejercicio. Editorial Paidós. 1970.

Nadel ER, Fortney SM, Wenger CB. Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. Journal of Applied Physiology. 1980; 49: 715-721.

Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. European Journal of Applied Physiology. 1989; 59: 310-319.

Nassar L. Isokinetic strength values of the knee flexor and extensor muscle groups of female gymnasts. Presented at the US Gymnastics Federation Sport Science Congress, Indianapolis. 1991; 19-21.

Navarro F. Evolución de las capacidades físicas y su entrenamiento. Master de Alto Rendimiento. Módulo 2.2.1. Universidad Autónoma de Madrid-COES. 1995.

Navarro F. Teoría General del Entrenamiento Deportivo. Curso de Entrenador Auxiliar (Fase Común) E. N. Entrenadores. Madrid, Real Federación Española de Natación. 1998; 66-198.

Navarro Valdivielso F. La resistencia. Gymnos. Madrid. 1998.

Neumaier A. Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining. Sport u. Buch Strauss. Koeln. 1999.

New Zeland Rugby Union. Anthropometrics measures of players. Web site. 2001.

Ni CZ, Xie BS, Zhang WZ, Liu YS, Sun HY. Isokinetic concentric dynamometry of knee flexors and extensors in young male. Space medicine & medical engineering. (Beijing). 2001; 14:111-5.

Nicolaievitch Platonov V. El Entrenamiento Deportivo: Teoría y Metodología. 3^{ra} ed.; Barcelona, España: Editorial Paidotribo, S.A. 1994; 57: 40-42.

Nicholas CW. Anthropometrics and physiological characteristics of rugby union football players. Sport Medicine. 1997; 23: 375-396.

Nicholas CW, Baker JS. Anthropometrical and physiological characteristics of first and second class rugby union players. Journal of Sports Sciences. 1995; 13-15.

NIDE. Normativa sobre las instalaciones deportivas y para el esparcimiento. Campos pequeños normas reglamentarias, normas de proyecto. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Cultura. 1979; 376.

Oliver G. Morphologie et types humains. Editions Vigot Freres. París. 1971.

Otis JC, Stauber WT. The effect of external load on torque production by knee extensor. Journal of Bone and Joint Surgery. 1986; 68: 65-70.

Ozcakar L, Kunduracyoolu B, Cetin A, Ulkar B, Guner R, Hascelik Z. Comprehensive isokinetic knee measurements and quadriceps tendon evaluations in footballers for assessing functional performance. British journal of sports medicine. 2003; 37: 507-10.

Padró AC, Rivera A. El concepto de Fitness. Terminología relacionada a la aptitud. Archivos de medicina del deporte. Puerto Rico. 1996; 13: 223-224.

Pandolph KB, Noble BJ. The effect of pedalling speed and resistance changes on perceived exertion for equivalent power outputs on the bicycle ergometer. Medicine and Science in Sport and Exercise. 1973; 5: 132-136.

Perry-Rana SR, Housh TJ, Johnson GO, Bull AJ, Berning JM, Cramer JT. MMG and EMG responses during fatiguing isokinetic muscle contractions at different velocities. Muscle Nerve. 2002; 26: 367-73.

Perrin DH. Isocinética. Ejercicios y evaluación. Editorial Bellaterra. Barcelona. 1994.

Pichot V, Busso T, Roche F, Garet M, Costes F, Duverney D, Lacour JR, Barthélémy JC. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. Medicine Science Sport Exercise. 2002; 34:1660-1666.

Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. British journal of sports medicine. 1997; 31: 229-34.

Platonov VN. El entrenamiento deportivo: Teoría y metodología. Editorial Paidotribo, Barcelona. 1988.

Platonov VN. La preparación física. Editorial Paidotribo, Barcelona, España. 1989.

Platonov VN. La adaptación en el Deporte. Editorial Paidotribo, Barcelona, España. 1991.

Platonov VN. La Preparación de atletas calificados. Platonov, V. Editorial Paidotribo. Madrid. 1993; 223.

Platonov VN, Bulatova M. El Entrenamiento Deportivo. Editorial Paidotribo, Barcelona, España. 1994.

Platonov VN. Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico. Editorial Paidotribo, Barcelona. 2001.

Porter MM, Holmback AM, Lexell J. Reliability of concentric ankle dorsiflexion fatigue testing. Canadian Journal of Applied Physiology. 2002; 27: 116-27.

Powers S. Nutritional antioxidants: ¿Are they ergogenic?. GSSI. Hot Topic Article. 2001.

Quarrie KL, Handcock P, Toomey Waller AE. The New Zealand rugby injury and performance project IV. Anthropometrics and physical performance comparisons between positional categories of senior a rugby players. British journal of sports medicine. 1996; 30: 53-6.

Quarrie KL, Wilson BD. Force production in the rugby union scrum. Journal of sports sciences. London. 2000; 18: 237-246.

Rasmussen R, Klausen K, Clausen JP, Trap-Jasen J. Pulmonary ventilation, blood gases and blood pH after training of the arms and the legs. Journal of Applied Physiology. 1975; 38: 250.

Reid R, Williams C, Coutts R. Observations on the aerobic power of university rugby players and professional soccer players. British journal of sport medicine. 1974; 7: 390-391.

Reilly T. Football. In: Reilly T, Secher N, Snell P, Williams C; Physiology of Sport. E & F.N. Spon. Londres. 1990; 372-425.

Reilly T, Garrett R. Investigation of diurnal variation in sustained exercise performance. *Ergonomic*. 1998; 41: 1085-1094.

Reilly T, Harditer R. Somatotype end injuries in adult student rugby football. *Journal Sport Medicine Phisiology Fitness*. 1981; 21: 186-91.

Rietjens GJ, Kuipers H, Adams JJ, Saris WH, Van Breda E, van Hamont D, Keizer HA. Physiological, biomechanical and psychological markers of strenuous training-induced fatigue. *International Journal Sports Medicine*. 2005; 26: 16-26.

Rigg P, Reilly T. A fitness profile and anthropometric analysis of first and second class rugby players. In Reilly T, Lees A, Davids K et al. editors. *Science and football*. London: E & FN Spon. 1988; 194-86.

Rivera MA. La Estructuración del Entrenamiento Deportivo. Salinas, PR: Centro de Salud Deportiva y Ciencias del Ejercicio (SADCE), Unidad de Fisiología del Ejercicio. 1988.

Ribeiro,JP. Limiares Metabólicos e Ventilatórios durante o Exercício.Aspectos Fisiológicos e Metodológicos. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*. Porto Alegre-RS. 1995; 64: 171-181.

Rodríguez Guisado FA, Aragonés Clemente MT. Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En González Gallego J: *Fisiología de la Actividad física y el deporte*. Interamericana-McGraw-Hill. Madrid. 1992.

Rosenberg A, Mikosz FI. Biomecánica de la rodilla. En: Scout WN: *La rodilla: Lesiones del ligamento y el mecanismo extensor*. Diagnostico y tratamiento. Mosby-Year Book. 1992.

Rossi MD, Brown LE, Whitehurst MA. Assessment of hip extensor and flexor strength two months after unilateral total hip arthroplasty. *Journal of strength and conditioning research*. 2006; 20: 262-7.

Rugby Football Union (RFU). Fitness training for rugby. Twickenham: The rugby football Union. 1978.

Russell KW, Quinney HA, Hazlett CB, Hillis D. Knee muscle strength in elite male gymnasts. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1995; 22: 10-17.

Sale DG, MacDougall JD. Specificity in strength training: a review for the coach and the athlete. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. 1981; 6: 87-92.

Sahlin K. Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*. 1992; 13: 99-107.

Saltin B. Physiological adaptation of physical conditioning: old problems revisited. *Acta Medica Scandinavia*. 1986; 11-24.

Sanagua J, Acosta G. Corazón de atleta: A una centuria de su descripción. *Revista de la Federación Argentina de cardiología*. 2000; 29: 437.

Sangenis P. Falsos mitos sobre la educación física. *Revista Buena Salud*. 2002; 109: 58-61.

Schulz H, Hell S, Heck H. The validity of the telemetric system Cortex X1 in the ventilatory and gas exchange metabolism during exercise. *International Journal of Sport Medicine*. 1997; 18: 454-457.

Scott AC, Roe N, Coats AJ, Piepoli MF. Aerobic exercise physiology in a professional rugby union team. *International Journal Cardiology*. 2003; 87: 173-7.

Sharma S, Firoozi S, McKenna WJ. Value of exercise testing in assessing clinical state and prognosis in hypertrophic cardiomyopathy. *Cardiology in Review*. 2001; 9: 70.

Shephard RJ. Consumo máximo de oxígeno. Barcelona: Editorial Paidotribo. 1996; 204-212.

Shephard RJ, Astrand PO. La Resistencia en el Deporte. Editorial Paidotribo. 2000.

Silvestre R. Electromiografía de superficie y fatiga muscular local. Revista de Kinesiología. Chile. 2002; 69.

Sin Chesa C, Ponce de León O, Agramonte S. Valoración de la rehabilitación hospitalaria en pacientes con infarto del miocardio. Revista Cubana de Medicina. 1982; 21: 392-8.

Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. International Journal of Sport Medicine. 1981; 2: 23-26.

Skinner IS, Mc Lellan T. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Exercise and Sport. 1980; 51: 234-8.

Smith PJ, Daehne HO, Burger E. Somatotypes of South African rugby players. In: Smit, P.J. ed. Sport and somatology in ischemic heart disease. University of Pretoria. Pretoria. 1979; 15-21.

Smith L. Manual de Coaching. Nivel I. IRB. Edit. International Rugby Board. Irlanda. 1997.

Smith RS, Guilleminault C, Efron B. Circadian rhythms and enhanced athletic performance in the National Football League Sleep. Sports Medicine. 1997; 5: 362-665.

Sobotta J. Sobotta. Atlas de Anatomía Humana. (Tomo II. Tronco, vísceras y miembro inferior). Editorial Médica Panamericana. Madrid. 2001.

Stafforrd MG, Grana WA. Hamstring/quadriceps ratios in college football players: a high velocity evaluation. American Journal Sport Medicine. 1984; 12: 209-211.

Stegmann H, Kinderman W. Cálculo del Umbral Anaerobio individual en sujetos entrenados de manera diferente sobre el comportamiento del

lactato, cinética de la fase de carga y recuperación. Sportmedizin. 1981.

Strauss GR, Allen C, Munt M, Zanoli J. A comparison of continuous and discrete testing approaches on concentric and eccentric torque production of the knee extensors. Isokinetics and exercise science (Stoneham, Mass). 1996; 5: 135-141.

Takarada Y. Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. British journal of sports medicine. 2003; 37: 416-9.

Thodin JS. Testing aerobic power. Human Kinetics. Illinois. 1991; 107-174.

Tong RJ, Wood GL. A comparison of upper body strength in collegiate rugby players. Science and football III; E & FN. Spon; Londres. 1987.

Tous J. Nuevas tendencias en fuerza y musculación. Editorial Ergo, Barcelona. 1999.

Treadwell PJ. Computer-aided match analysis of selected ball games (soccer and rugby union). In Science and Football (Edited by Reilly A, Lees K, Davis and Murphy WJ). E & FN Spon; London. 1988; 282-287.

Tschiene P. Influencia de la carga de condición física sobre la perfección de la técnica y la táctica. I^{as} Jornadas sobre preparación física en deportes de equipo. IAD. Málaga. 1996.

Turner JM, Mead J, Wohl ME. Elasticity of human lungs in relation to age. Journal of Applied Physiology. 1968; 25: 664.

Ueno Y, Watai E, Ishii K. Aerobic and anaerobic power of rugby football players. (In: Reilly T, Lees A, Davis K et al. editors). Science and Football II. E & FN Spon; London. 1988; 201-5.

Urraca JM. Requerimientos morfológicos y metabólicos de los jugadores de Rugby. Tesis Doctoral; Universidad de Oviedo. 2000.

Usero F. Rugby: entrenamiento y juego. De Campomanes Libros, S.L. Madrid. 1993.

Valdés Corbalán R. Actividad física y obesidad. Boletín Escuela de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile. 1997; 26: 42-44.

Vázquez-Contreras E. Bioquímica y biología celular en línea. Información actualizada en español para la enseñanza y el aprendizaje de estas disciplinas científicas. Instituto de química. UNAM. 2003.

Verkhoshansky Y. Teoría y metodología del entrenamiento deportivo. Paidotribo, Barcelona. 2002.

Vicedo Mayor B. Organización de la sesión de entrenamiento. Jornadas sobre sistemas de preparación en voleibol. 1997.

Viladot Voegeli. Lecciones Básicas de Biomecánica del Aparato Locomotor. Springer. Barcelona. 2001.

Villa JG, De Paz JA, Gonzalez Gallego J. Bases para la evaluación de la condición física y la preparación deportiva. En santonja R. Libro Olímpico de Medicina Deportiva. Editorial C.O.E. Madrid. 1992; 23-34.

Vismara GH. Análisis del entrenamiento de las cualidades físicas del Rugby. Sobreentrenamiento. Buenos Aires. 2001.

Vodanovich I, Coates P. New Zealand rugby skills and tactics. Auckland, New Zealand: Landsdowne Press. 1982.

Warren RF, Amoezky SP, Wichiewica TL. Anatomy of the knee. En Nicholar JA, Hershamm EB (Eds.): The lower extremety and spine in sport medicine. CV Mosby; St Louis, M O. 1986; 657.

Watson AW. Physical and fitness characteristics of successful Gaelic footballers. British Journal of Sports Medicine. 1995; 29: 229-31.

Weineck J. Entrenamiento óptimo. Hispano Europea. Barcelona. 1988.

Weineck J. La Anatomía Deportiva. Editorial Paidotribo, Barcelona. 1995.

Weineck J. Entrenamiento optimo. Como lograr el máximo de rendimiento. Editorial Hispano Europea. S.A. Barcelona. 1998.

Weir JP, Evans SS, Housh ML. The effect of extraneous movements on peak torque and constant joint angle torque-velocity curves. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 1996; 23: 302-308.

Wiemann K, Tidow GJ. Relative activity of hip and knee extensors in sprinting: implications for training. New Study Athletics. 1995; 10: 29-49.

Wilmore J, Costill D. Fisiología del esfuerzo y del deporte. Paidotribo. Barcelona. 2000.

Williams MA, Maresh CM, Esterhuysen DJ, Harbrecht CH, Sargent JH. Early exercise training in patients older than 65 years compared with that in younger patients after acute myocardial infarction or coronary artery bypass grafting. American Journal Cardiology. 1985; 55: 263-6.

Wit A, Trzaskoma Z, Elias Z. Peak torque-velocity and power-velocity relationships during the knee joint motion in male and female judoists. Biology of Sport (Warsaw). 1993; 10: 257-266.

Withers RT, Craig NP, Norton KI. Somatotypes of South Australian Male Athletes. Human Biology. 1986; 58: 337-56.

Westerblad H, Lännergren J. Slowing of relaxation during fatigue in single mouse muscle fiber. Journal Physiology. 1991; 434: 323-336.

Wraag CB, Maxwell NS, Doust JH. Evaluation of the reliability and validity of a soccer specific field test of repeated sprint ability. European Journal of Applied Physiology. 2000; 83: 77-83.

Würch A. La femme et le sport. Medicine Sportive. Paris. 1974; 5.

Yoon TS, Park DS, Kang SW, Chun SI, Shin JS. Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. Yonsei Medicine Journal. 1991; 32: 33-43.

Zakas A, Mandroukas K, Vamvakoudis E, Christoulas K. Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 1995; 35: 199-205.

Zatsiorski V. Science and practice of strength training. Human Kinetics. Champaign. II. 1995.

Zhelyazkov T. Bases del entrenamiento deportivo. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2001.

Zintl F. Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento. Ediciones Martínez Roca. Barcelona. 1991.